Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины
Гомельский государственный медицинский институт

Л.Н. Песецкая, Г.Г. Гончаренко, Н.Н. Острейко

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ГЕНЕТИКЕ

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия для школьников, лицеистов, слушателей подготовительных отделений ВУЗов, абитуриентов и студентов младших курсов

Гомель
2002

УДК 575 (075.8)
ББК 28.04 Я 73
П 28

Рецензенты:
Профессор, д.б.н. *Л.И. Корочкин*
Доцент, к.б.н. *Е.Н. Воронина*

Песецкая Л.Н., Гончаренко Г.Г., Острейко Н.Н. **Сборник задач по генетике:** Учебно-методическое пособие. – Гомель, 2002. - 114 с.

Учебно-методическое пособие содержит более 200 различных генетических задач с ответами. В нем представлены задачи по основным разделам классической и современной генетики, включая молекулярную генетику и генетическую инженерию. Для типичных задач каждого раздела приведены подробные решения.

Пособие предназначено для школьников, лицеистов, слушателей подготовительных отделений ВУЗов, абитуриентов и студентов младших курсов.

Рекомендовано биологическим факультетом Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины и Гомельским медицинским институтом в качестве учебно-методического пособия.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Конец XX века ознаменовался бурным развитием биологических дисциплин и прежде всего генетики. В последние годы генетика становится одним из главных разделов биологии.

Благодаря достижениям современной генетики стали успешно решатся вопросы производства продуктов питания за счет создания высокопродуктивных сельскохозяйственных животных и растений, начато успешное лечение наследственных заболеваний на генном уровне, а также конструктивно разрабатываются вопросы управления генофондами популяций наиболее ценных животных и растений.

Повышение интереса к генетике обусловливает необходимость издания учебно-методических пособий, которые способствовали бы доведению до школьников и абитуриентов в доступной форме соответствующих генетических знаний.

Основной целью нашего учебно-методического пособия является оказание помощи старшеклассникам, абитуриентам, студентам младших курсов в решении генетических задач, что будет способствовать более глубокому усвоению и закреплению знаний по основным разделам генетики. Кроме того, авторы уделили определенное внимание отдельным аспектам медицинской генетики, предполагая, что часть абитуриентов свяжет свою судьбу с медициной.

Необходимость появления такого пособия вызвана также тем, что в республике современная учебно-методическая литература по вопросам генетики для школьников и абитуриентов практически отсутствует.

Сборник задач включает пять разделов: 1. Основные закономерности наследственности. 2. Генетика человека. Анализ родословных. 3. Популяционная генетика. Закон Харди-Вайнберга. 4. Молекулярная генетика. 5. Генетическая инженерия. В каждом разделе имеется краткое введение, которое позволит обучающимся сразу же перейти к решению задач. В разделах подобраны типовые задачи с полными решениями и приводится широкий спектр задач для самостоятельного решения, к которым даются ответы. Задачи повышенной сложности в сборнике отмечены символом «*».

Авторы данного пособия, используя свой многолетний педагогический опыт, стремились рассмотреть вопросы классической генетики с учётом современных достижений этой науки. Считаем, что настоящий сборник задач поможет школьникам, абитуриентам, слушателям подготовительных отделений приобрести навыки решения задач по генетике, что позволит более полноценно подготовиться к сдаче конкурсных экзаменов по биологии в высшие учебные и средние специальные заведения. Пособие будет также полезно для студентов младших курсов, преподавателей средних школ и подготовительных

отделений ВУЗов. Оно может быть использовано на уроках, факультативных занятиях и для проведения контрольных работ.

Авторский коллектив желает всем читателям успехов в изучении генетики.

оглавление

1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

В задачах по генетике используется общепринятая символика. Скрещивание обозначается значком х, материнский организм - ♀ - символом планеты Венера (зеркало Венеры), отцовский - ♂ - символом планеты Марс (щит и копье Марса). При написании схемы скрещивания на первое место ставится **генотип** материнской особи, на второе – отцовской (знаки ♀, ♂ можно опустить). Родительские организмы, взятые для скрещивания, обозначаются латинской буквой P (*parenta* – родители). Потомство, полученное в результате скрещивания особей, различающихся наследственными задатками, называется **гибридами**, а совокупность таких гибридов – гибридным поколением. **Гибридное потомство** обозначается латинской буквой F (*filii* – дети) с цифровым индексом, соответствующим порядковому номеру данного поколения: F_1, F_2, F_3,…,F_n.

Гены, обусловливающие развитие того или иного признака, принято обозначать буквами латинского алфавита. **Доминантные гены** обозначаются заглавными буквами, **рецессивные** - строчными. Например, доминантный ген желтой окраски семян гороха – *A*, рецессивный ген зеленой окраски – *a.* У каждого организма в норме эти задатки парные: один он получает с **гаметой** от матери, другой – от отца. Каждый из генов пары называется **аллелью**. **Неаллельные гены** определяют разные признаки (цвет семян и форма семян). Неаллельные гены обозначаются разными буквами алфавита. Например, *A* и *B*.

В гамете всегда находится один ген из каждой пары аллельных генов. Обычно гаметы (G) обозначаются кружком, внутрь которого вписываются соответствующие буквенные обозначения генов: *A* или *a* ,

 или  .

При написании генотипов доминантные гены каждой аллели пишутся на первом, а рецессивные – на втором месте.

Генотип можно записывать в генном (*AA, Aa, aa; AABB, AaBb* и т.д.)

A A a A B A B

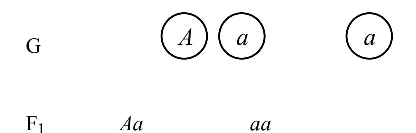
и в хромосомном (=, =, =; = =, = = и т.д.) выражениях.

A a a A B a b

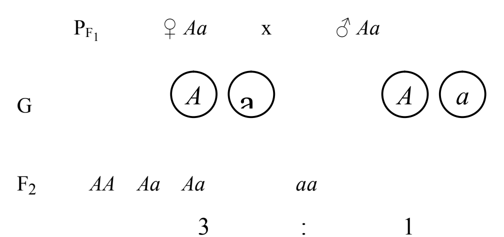
Условие задачи записывается в виде таблички, где указываются гены, контролируемые ими признаки и генотипы, и в виде схемы скрещивания, в которой приведены либо генотипы, либо фенотипы всех упомянутых в задаче особей.

Моногибридное скрещивание. Моногибридным называется такое скрещивание, при котором родители отличатся одной парой изучаемых альтернативных признаков. Мендель определил, что ***при скрещивании особей, отличающихся одной парой признаков, все потомство фенотипически однообразно*** (правило единообразия гибридов первого поколения). Например, при скрещивании гомозиготного желтого гороха (генотип *AA*) с гомозиготным зеленым горохом (генотип *aa*) все потомство будет желтым, но гетерозиготным (генотип *Aa*):

P ♀ *Aa* x ♂ *aa*



Далее Менделем установлено: ***при скрещивании моногибридов во втором поколении происходит расщепление признаков на исходные родительские в отношении 3 : 1, 3/4 потомков оказываются с признаками, обусловленными доминантным геном, 1/4 - с признаками рецессивного гена*** (закон расщепления):

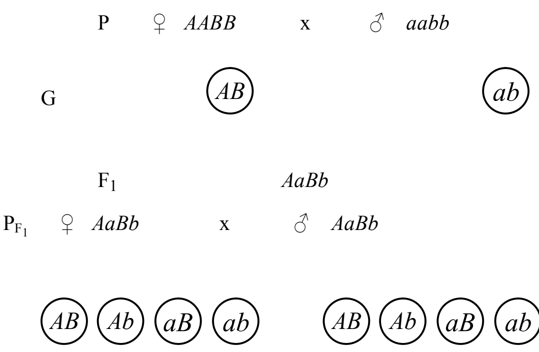


В генетике различают еще анализирующее скрещивание. **Анализирующее** – скрещивание гибрида с гомозиготной рецессивной особью.

Дигибридное и полигибридное скрещивание. Дигибридным называют такое скрещивание, при котором родители отличаются друг от друга по двум парам изучаемых альтернативных признаков.

Мендель использовал для дигибридного скрещивания гомозиготные растения гороха, различающихся по двум парам признаков (окраске и форме семян), находящихся в двух парах гомологичных хромосом. Если сделать анализ потомства в F_2 по двум признакам, то расщепление будет в отношении 9:3:3:1 или $(3:1)^2$. То есть, ***расщепление по каждой паре признаков идет независимо от других пар признаков*** (закон независимого наследования признаков).

Решение задач на дигибридное скрещивание облегчается **решеткой Пеннета**, составляемой соответственно числу возможных вариантов гамет. При скрещивании дигибридов она будет включать четыре типа мужских гамет, которые записываются по горизонтали, и четыре типа женских гамет, которые записываются по вертикали. Запись гамет следует производить в строго определенном порядке, как это показано ниже:



G

F

2

Гаметы	*AB*	*Ab*	*aB*	*ab*
AB	*AABB*	*AABb*	*AaBB*	*AaBb*
Ab	*AaBb*	*AAbb*	*AaBb*	*Aabb*
aB	*AaBB*	*AaBb*	*aaBB*	*aaBb*
ab	*AaBb*	*Aabb*	*aaBb*	*aabb*

При анализе второго поколения видно, что образуется 9 генотипов: *AABB, AaBB, AABb, AaBb, aaBB, aaBb, Aabb, Aabb, aabb* и 4 фенотипа: желтый, гладкий; зеленый, гладкий; желтый, морщинистый; зеленый морщинистый.

В целях сокращения записи сходные фенотипы иногда обозначают **фенотипическим радикалом** – это та часть генотипа организма, которая определяет его фенотип. Для дигибридного скрещивания он будет:

9 *A_B_* : 3 *A_bb* : 3 *aaB_* : 1 *aabb*.

Решение задач на ди- и полигибридное скрещивание во многих случаях может производится без вычерчивания решетки Пеннета. Важно помнить математические закономерности при различных типах скрещивания, которые представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Количественные закономерности образования гамет и расщепления гибридов при разных типах скрещивания

Учитываемые факторы	Тип скрещивания			
	моно-гибридное	ди-гибридное	три-гибридное	поли-гибридное
Число типов гамет, образуемых гибридом F_1	2^1	2^2	2^3	2^n
Число зигот при образовании F_2	4^1	4^2	4^3	4^n
Число фенотипов в F_2	2^1	2^2	2^3	2^n
Число генотипов в F_2	3^1	3^2	3^3	3^n
Расщепление по фенотипу	$(3+1)^1$	$(3+1)^2$	$(3+1)^3$	$(3+1)^n$

Расщепление по генотипу	$(1+2+1)^1$	$(1+2+1)^2$	$(1+2+1)^3$	$(1+2+1)^n$

Неполное доминирование. При неполном доминировании доминантный ген не полностью подавляет действие аллельного гена. У гетерозигот функционирующими оказываются оба гена, поэтому в фенотипе признак выражается в виде промежуточной формы. Закон единообразия гибридов первого поколения при неполном доминировании не теряет своего значения. Но во втором поколении потомство расщепляется фенотипически на три класса в отношении 1 : 2 : 1.

Взаимодействия неаллельных генов. Явление, когда за один признак отвечает несколько генов (аллелей), называется **взаимодействием генов**. Если это аллели одного и того же гена, то такие взаимодействия называются **аллельными**, в случае разных генов - **неаллельными**.

Таблица 1.2. Типы неаллельных взаимодействий генов.

Тип взаимодействия	Расщепление признаков в F_2	Примеры
Комплементарность – это взаимодействие двух неаллельных генов, ведущее к появлению нового признака.	9 : 3 : 3 : 1 9 : 6 : 1 9 : 7	Наследование окраски оперения у попугайчиков. Появление плодов дисковидной формы у тыкв сферической формы. Наследование окраски цветков у душистого горошка.
Эпистаз – это вид взаимодействия неаллельных генов, при котором происходит подавление действия аллеля одного гена аллелем другого гена.	12 : 3 : 1 13 : 3 9 : 3 : 4	Доминантный эпистаз. Расщепление по масти у лошадей. Наследование окраски оперения у кур. Рецессивный эпистаз. Наследование красной, желто-коричневой и белой окраски семян у

		фасоли.
Полимерия – это взаимодействие неаллельных генов, при котором проявление признака зависит от количества доминантных генов.	1 : 4 : 6 : 4 : 1 (15: 1) 15 : 1	Кумулятивная полимерия. Наследование окраски зерен пшеницы. Некумулятивная полимерия. Наследование формы стручков у пастушьей сумки.

Выделяют следующие типы аллельных взаимодействий: **доминирование**, **неполное доминирование** (оба взаимодействия рассмотрены выше), **градуальное** (накопительное) **действие генов**, **сверхдоминирование** (более сильное проявление признака у гетерозиготной особи *Aa*, чем у любой из гомозигот *AA* и *aa*) и **кодоминантность**.

Неаллельные взаимодействия генов: **комплементарность**, **эпистаз** и **полимерия**. Типы неаллельных взаимодействий генов показаны в табл. 1.2.

Сцепленное наследование. Т. Морган и его школа создали хромосомную теорию наследственности и показали, что причина сцепления генов – это расположение их в одной паре гомологичных хромосом. Весь комплекс генов, локализованных в одной паре гомологичных хромосом, называют **группой сцепления**.

События, приведшие Моргана к открытию сцепления, можно проиллюстрировать одним из его экспериментов на дрозофиле.

Скрещивались мушки с черным телом (*bb*), длинными крыльями (*VV*) с мухами с серым телом (*BB*) и зачаточными крыльями (*vv*). В первом поколении все потомство было серым длиннокрылым.

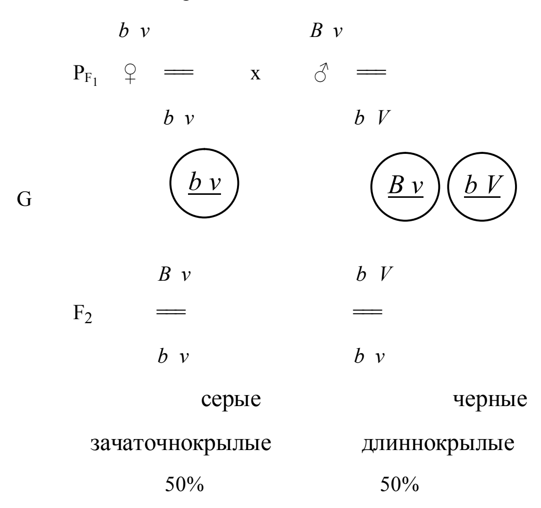
P ♀ $\frac{b\ V}{b\ V}$ x ♂ $\frac{B\ v}{B\ v}$

G (b V) (B v)

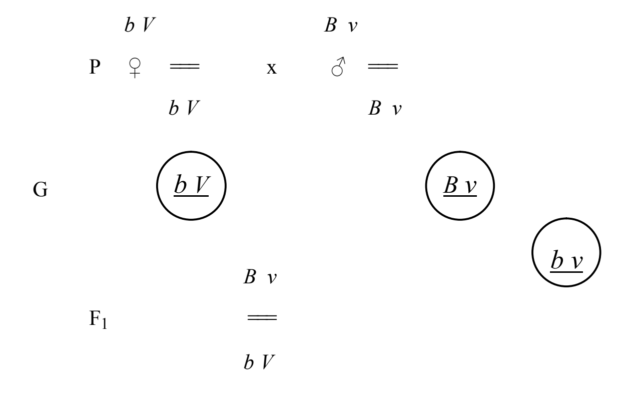
F_1 $\frac{B\ v}{b\ V}$

серые длиннокрылые

При скрещивании рецессивной по обоим признакам самки с гибридным самцом из первого поколения образовалось 50% серых мух с зачаточными крыльями и 50% мух с черным телом и длинными крыльями:

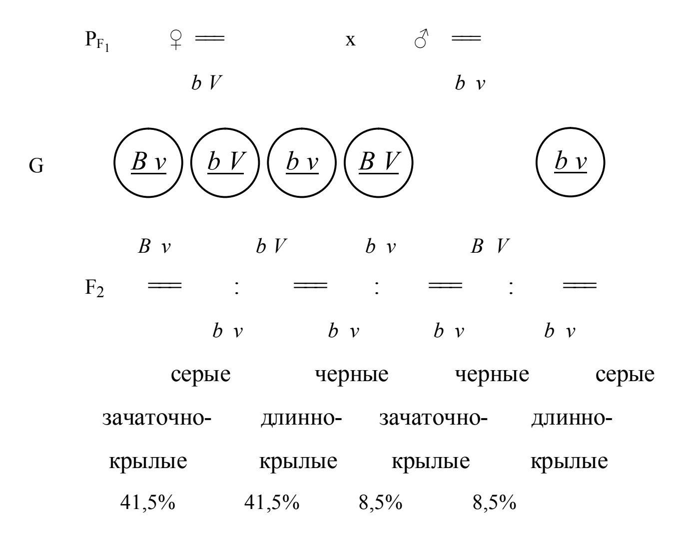


Если же скрещивается дигетерозиготная самка из первого поколения с гомозиготным рецессивным самцом, то результат - иной. Наиболее многочисленными (83%) оказались мухи с сочетанием признаков, которое было у родительских форм (серое тело с зачаточными крыльями и черное тело с длинными крыльями). Мухи с новыми комбинациями признаков (черное тело, зачаточные крылья и серое тело, длинные крылья) составили 17%.



серые длиннокрылые

B v *b v*



Данные результаты свидетельствуют о наличии сцепления генов и кроссинговера между ними.

Если в гаметогенезе происходит кроссинговер между гомологичными хромосомами, то говорят о неполном сцеплении генов, которое характерно для растений и животных. Исключением являются самцы дрозофилы и самки тутового шелкопряда, у которых кроссинговер не происходит.

На основании полученных результатов в опытах с дрозофилой, Т. Морган сформулировал следующее правило: ***гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцеплено, причем, сила сцепления зависит от расстояния между генами.***

Отдельные теоретические моменты, касающиеся сцепленного наследования и кроссинговера, вынесены в решение задач.

Зная расстояние между генами, можно строить **генетические карты**. Генетическая карта хромосомы представляет собой отрезок прямой, на котором обозначен порядок расположения генов и указано расстояние между ними в **морганидах** (**М**). Морганида – это единица генетической карты равная 1% кроссинговера. Она является мерой относительного расстояния между локусами хромосомы.

Сцепленное с полом наследование. Хромосомное определение пола – это наиболее распространенный механизм, связанный с наличием особых **половых хромосом**, детерминирующих формирование мужского и женского полов. Все остальные хромосомы, не связанные с определением пола, называются **аутосомами**.

Признаки, гены которых локализованы в половых хромосомах, называются **сцепленными с полом**.

Половые хромосомы у женщин одинаковы, их называют *X*-хромосомы. Все яйцеклетки содержат по одной *X*-хромосоме. Пол, который образует гаметы, одинаковые по половой хромосоме, называется **гомогаметным** и обозначается как *XX*.

У мужчин имеется одна *X*-хромосома и одна *Y*-хромосома. При сперматогенезе образуются гаметы двух сортов. Пол, который образует гаметы неодинаковые по половой хромосоме, называется **гетерогаметным** и обозначается как *XY*.

Множественный аллелизм. Группы крови. . Ген, определяющий группу крови по системе АВО, обозначается *I*. Число аллелей у гена *I* – три: I^O, I^A, I^B. Состояние, когда один ген имеет несколько аллельных форм, называется **множественным аллелизмом**. В различных сочетаниях генов образуются четыре группы крови: первая с генотипом I^OI^O, вторая – I^AI^A или I^AI^O, третья – I^BI^B или I^BI^O, четвертая – I^AI^B. В IV группе крови I^AI^B оба гена равнозначны – наследуются по принципу кодоминирования (не подавляя друг друга).

Плейотропия – это явление, при котором один ген отвечает за проявление нескольких признаков. Так, у гомозиготных серых каракульских овец ген *W* детерминирует и серую окраску шерсти, и недоразвитие желудка. Примером плейотропного действия гена у человека является болезнь серповидноклеточная анемия. Мутация по этому гену приводит к замене двух аминокислот в двух цепочках из четырех в молекуле гемоглобина, что изменяет форму эритроцитов и вызывает нарушения в сердечно-сосудистой, пищеварительной, выделительной и нервной системах. В гомозиготном состоянии эта мутация является летальной в детском возрасте.

З А Д А Ч И

1.1. Моногибридное скрещивание.

1.1. Выпишите типы гамет, которые образуются у особей с генотипом а) *АА; б) Аа*; *в) аа*.

Решение. По формуле $\mathbf{N = 2^n}$, где N – число типов гамет, а n – это количество признаков, по которому данный организм гетерозиготен, определяем число типов гамет у особей следующих генотипов:

а) у особи с генотипом *АА* – один тип гамет ($2^0 = 1$) : P *АА*

G (*А*)

б) у особи с генотипом *Аа* – два типа гамет ($2^1 = 2$): P *Аа*

G (*А*) (*а*)

в) у особи с генотипом *аа* – один тип гамет ($2^0=1$): P *аа*

G (*а*)

1.2. Иммунность овса к головне доминирует над поражаемостью этой болезнью.

1. Какое потомство получится от скрещивания гомозиготных иммунных особей с растениями поражаемыми головней?

2. Какое потомство получится от скрещивания гибрида первого поколения с растением, лишенным иммунитета?

Решение. Прежде чем решать задачу, необходимо уяснить характер анализируемых признаков и правильно произвести, запись определяющих их генов. В данной задаче имеем дело с одной парой аллельных генов, один из которых определяет невосприимчивость овса к головне, второй, аллельный ему ген, не обладает свойствами защищать организм от заболевания. Ген иммунности – доминантный ген, обозначим буквой *А*. Ген, неспособный защитить организм от заражения головней, рецессивный, обозначим буквой *а*. Эти условия задачи можно записать в виде таблицы.

Признак	Ген	Генотип
Невосприимчивость к головне	*А*	*АА, Аа*
Поражаемость головней	*а*	*аа*

По условию пункта 1 скрещиваются два гомозиготных растения, одно из которых обладает иммунитетом, второе – нет. Следовательно, генотип первого растения будет *АА*, второго – *аа*.

У первого растения возможны гаметы только одного типа, содержащие ген *А*, у второго – тоже только одного типа, содержащие ген *а*. При слиянии таких гамет все потомство будет гибридным, или гетерозиготным, содержащим и доминантный и рецессивный гены: *Аа*. Фенотипически все потомство будет устойчивым к головне (правило Менделя о единообразии гибридов в первом поколении).

P ♀ *АА* x ♂ *аа*

(*А*) (*а*)

F_1 *Аа*

Запись решения можно произвести и другим способом. Составляется решетка, в которой по одной оси записываются возможные гаметы одного родителя, по другой оси – гаметы второго родителя:

Гаметы	*А*	*А*
а		
а		

На перекрестках вписываются возможные варианты слияния гамет, что соответствует возможным вариантам генотипов потомства:

Гаметы	*А*	*А*
а	*Аа*	*Аа*
а	*Аа*	*Аа*

По условию пункта 2 скрещивается гибрид первого поколения (*Аа*) с растением, лишенным иммунитета (*аа*). Решение можно осуществить по схеме:

P ♀ *Аа* x ♂ *аа*

G (*А*) (*а*) (*а*)

F_1 *Аа* *аа*

или произвести следующую запись в решетке:

Гаметы	*А*	*а*
а	*Аа*	*аа*
а	*Аа*	*аа*

Анализ записей показывает, что половина потомства будет гетерозиготным и, следовательно, устойчивым к головне, другая – гомозиготные по рецессивному гену растения, поражаемые головней.

1.3. При скрещивании чистой линии мышей с коричневой шерстью с чистой линией мышей с серой шерстью получаются потомки с коричневой шерстью. В F_2 от скрещивания между этими мышами F_1 получаются коричневые и серые мыши в отношении 3 : 1.

а) Дайте полное объяснение этим результатам.

б) Каким будет результат скрещивания гетерозиготы с коричневой шерстью из поколения F_2 с серой особью из чистой родительской линии?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Коричневая шерсть	*B*	*BB, Bb*
Серая шерсть	*b*	*bb*

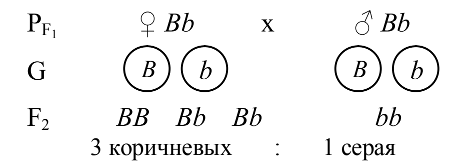
а) P ♀ *BB* x ♂ *bb*

G (*B*) (*b*)

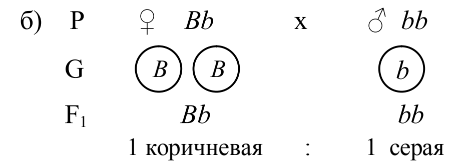
F_1 *Bb*

Все коричневые

В случае моногибридного скрещивания гомозиготной особи по доминантному аллелю с особью, гомозиготной по рецессивному аллелю, все потомки будут иметь доминантный фенотип.



При скрещивании гетерозиготных особей в потомстве наблюдается расщепление: три части особей с доминантным признаком и одна часть с рецессивным признаком.



В случае моногибридного скрещивания гетерозиготной особи с особью, гомозиготной по рецессивному аллелю, среди потомков будет равное число особей того и другого фенотипа, в данном случае 50% с коричневой и 50% с серой шерстью.

1.4. Плоды томата бывают круглыми и грушевидными. Ген круглой формы доминирует.

1. Каковы генотипы родительских растений, если в потомстве оказалось круглых и грушевидных плодов поровну?

2. В парниках крестьянского хозяйства высажена рассада томатов, выращенных из гибридных семян. 31750 кустов этой рассады дали плоды грушевидной формы, а 95250 кустов – круглой формы.

Сколько среди них гетерозиготных кустов?

Решение. Задача, по сравнению с предыдущей, носит иной характер: установление генотипов по анализу фенотипов потомства. Решение задачи также должно начинаться с уяснения признаков и определяющих генов.

Признак	Ген	Генотип
Круглая форма плодов	*А*	*АА, Аа*
Грушевидная форма плодов	*а*	*аа*

В условиях задачи нам даны лишь соотношения фенотипов в потомстве. Для решения подобных задач необходимо помнить, при скрещивании каких генотипов возможны определенные соотношения фенотипов.

По условию пункта 1 в потомстве произошло расщепление фенотипов в отношении 1:1. Следовательно, скрещивалось гетерозиготное растение с растением, гомозиготным по рецессивному гену: *Аа* х *аа*.

В условиях пункта 2 даны количественные соотношения фенотипов. По ним можно установить, что в потомстве на 1 растение, дающее грушевидные плоды, оказалось 3 растения с круглыми плодами 31750 : 95250, т.е. отношение 1:3. Следовательно, скрещивались гибридные растения (*Аа* х *Аа*), и в потомстве должны быть генотипы в следующих отношениях: 1*АА* : 2*Аа* : 1*аа*. Из 95250 растений с круглыми плодами 1/3 приходилась на растения с генотипом *АА*, а 2/3 – на гетерозиготные растения с генотипом *Аа*. Эти 2/3 составляют 63500 растений.

1.5. При скрещивании серых кур с белыми все потомство оказалось серым. В результате второго скрещивания этого серого потомства опять с белыми получено 172 особи, из которых было 85 белых и 87 серых.

Каковы генотипы исходных форм и их потомков в обоих скрещиваниях?

Решение. Исходя из условия задачи, нетрудно понять, что серый цвет доминирует над белым.

Признак	Ген	Генотип
Серый цвет	*А*	*АА, Аа*
Белый цвет	*а*	*аа*

При скрещивании серых кур с белыми все потомство оказалось серым. Следовательно, в первом скрещивании родители были гомозиготными *АА* и *аа*, а потомство оказалось гетерозиготным серым – *Аа*.

P ♀ *AA* x ♂ *aa*

G (*A*) (*a*)

F_1 *Aa*

Во втором скрещивании брались гибриды *Аа* и скрещивались с белыми курами *аа*. Потомство должно быть наполовину серым *Аа*, наполовину белым *аа*. Действительное соотношение 85:87, близкое отношению 1:1, подтверждает это решение.

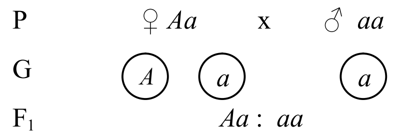
1.6. Голубоглазый мужчина, родители которого имели карие глаза, женился на кареглазой женщине, у отца которой глаза были голубые, а у матери карие.

Какое потомство можно ожидать от этого брака, если известно, что ген карих глаз доминирует над геном голубых?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Карий цвет глаз	*А*	*АА, Аа*
Голубой цвет глаз	*а*	*аа*

Прежде чем ответить на прямой вопрос задачи, необходимо установить генотипы мужчины и женщины, вступающих в брак. Если мужчина голубоглазый, то его генотип будет включать два рецессивных гена *аа*. Ссылка на то, что родители мужчины были кареглазыми, не должна нас смущать. Из этого может быть сделан лишь дополнительный вывод о том, что родители были гетерозиготными *Аа* и *Аа*. У женщины глаза карие. Следовательно, у нее обязательно должен быть доминантный ген карих глаз *А*, который она унаследовала от своей матери. Второй ген цвета глаз женщина получила от отца, который был голубоглазым и имел генотип *аа*. Следовательно, женщина гетерозиготна по цвету глаз, ее генотип *Аа*. При браке гетерозиготного родителя *Аа* с гомозиготным по рецессивному гену *аа* равновероятна возможность рождения детей как с карими (*Аа*), так и с голубыми (*аа*) глазами.



При решении задач применительно к человеку нельзя говорить о прямом отношении 1:1, так как точные менделевские соотношения получаются лишь при большой численности потомства или при больших выборках. У человека семья

ограничена небольшим числом детей, поэтому можно говорить лишь о вероятности, а не об истинных соотношениях.

1.7. Способность лучше владеть правой рукой у человека доминирует над леворукостью. Женщина-правша, у которой отец был левша, вышла замуж за мужчину-правшу. Можно ли ожидать, что их дети будут левшами? Родословная мужчины по этому признаку не известна.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Праворукость	*A*	*AA, Aa*
Леворукость	*a*	*aa*

Так как женщина обладает способностью лучше владеть правой рукой, в ее генотипе должен быть как минимум один ген *A*. Известно, что отец у нее левша, а следовательно, его генотип *aa*. От отца такая женщина могла получить лишь ген *a*, в силу чего по генотипу она должна быть гетерозиготной – *Aa*. Муж этой женщины тоже правша, но определить его генотип не представляется возможным, так как родословная мужчины по этому признаку не известна. Генотип мужчины следует записать *A_* (черточка указывает на то, что второй ген из пары не известен):

P ♀ *Aa* x ♂ *A_*

F_1 Возможен ли ребенок-левша – *aa?*

При решении задачи можно сделать два допущения:

а) отец гомозиготен по данному гену – *AA*:

P ♀ *Aa* x ♂ *AA*

G (*A*) (*a*) (*A*)

F_1 *AA, Aa*

(у таких родителей рождение детей с леворукостью исключено в силу того, что *A* > *a*)

б) отец гетерозиготен по данному гену – *Aa*:

P ♀ *Aa* x ♂ *Aa*

G (*A*) (*a*) (*A*) (*a*)

F_1 *AA, Aa, Aa,* *aa*

правши левши

(в этом случае имеется вероятность рождения ребенка-левши, равная 0,25).

1.8. У человека ген вызывающий одну из форм наследственной глухонемоты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха.

а) Какое потомство можно ожидать от брака гетерозиготных родителей?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Нормальный слух	*B*	*BB, Bb*
Глухонемота	*b*	*bb*

P ♀ *Bb* х ♂ *Bb*

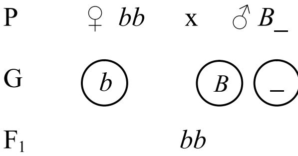
G (*B*) (*b*) (*B*) (*b*)

F_1 *BB*, *Bb*, *Bb*, *bb*

Вероятность рождения здорового ребенка составляет 75%, больного – 25%.

б) От брака глухонемой женщины с нормальным мужчиной родился глухонемой ребенок. Определить генотипы родителей.

Решение.



Так как глухонемота – рецессивный признак, то генотип матери будет *bb*. Генотип отца может быть *BB* или *Bb* – в обоих случаях он будет здоров. Но ребенок родился больным, следовательно, один рецессивный ген он получил от матери, а второй – должен был получить от отца. Значит генотип отца *Bb*.

1.9. Две черные самки мыши скрещены с коричневым самцом. В потомстве первой самки 9 черных и 7 коричневых мышей; у второй – 17 черных особей. Как наследуется окраска шерсти и каковы генотипы родителей?

Решение. Проведено два варианта скрещивания мышей:

P ♀ черная х ♂ коричневый
F_1 9 черных и 7 коричневых мышей
P ♀ черная х ♂ коричневый

F_1 17 черных мышей

На основании второй схемы скрещивания, где все потомки однообразны по фенотипу и имеют черный цвет шерсти, можно сделать вывод о том, что черная окраска шерсти у мышей является доминантным признаком. Это позволяет ввести в задачу соответствующие обозначения и записать условие в следующем виде:

Признак	Ген	Генотип
Черная окраска	*C*	*CC, Cc*
Коричневая окраска	*c*	*cc*

Коричневые особи могут иметь только генотип *cc*; черные могут быть и гомозиготными, и гетерозиготными по генотипу *CC* и *Cc*. Поэтому генотипы исходных самок неизвестны, но обе особи обязательно должны нести хотя бы один доминантный ген *C*:

P ♀ *C_* x ♂ *cc*

G (*C*) (_) (*c*)

F_1 *C_* *cc*

9 7

P ♀ *C_* x ♂ *cc*

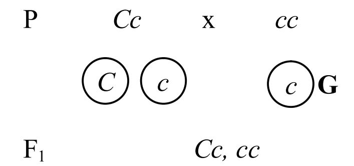
G (*C*) (_) (*c*)

F_1 *C_*

17

В первой схеме в потомстве родились коричневые особи с генотипом *cc*, что возможно только в том случае, если оба родителя несут такой ген. Отсюда делаем вывод, что женская особь гетерозиготна (*Cc*). Черные особи в потомстве также гетерозиготны, поскольку они получили ген *C* от матери, а от отца ген *c*:

P *Cc* x *cc*



F_1 *Cc, cc*

Первый случай представляет собой анализирующее скрещивание с расщеплением 1 : 1, что вполне соответствует приведенному в задаче количественному соотношению особей в потомстве 9 : 7.

Во втором - все потомство однообразное по фенотипу и гетерозиготное, так как мышата, получив от матери ген *C* и соответственно черную окраску шерсти, от отца могли унаследовать лишь

ген *c*. Единообразие потомства свидетельствует о том, что исходная женская особь гомозиготна (*CC*):

P ♀ *CC* x ♂ *cc*

G (*C*) (*C*) (*c*)

F_1 *Cc*

Таким образом, вывод о генотипе исходных родительских особей делаем на основании расщепления в потомстве.

1.10. Миоплегия передается по наследству как доминантный признак.

Определите вероятность рождения детей с аномалиями в семье, где отец гетерозиготен, а мать не страдает миоплегией.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Миоплегия (болезнь)	*A*	*AA, Aa*
Норма	*a*	*aa*

Отец гетерозиготен, следовательно, его генотип *Aa*. Мать не страдает заболеванием, она гомозиготна по рецессивному гену, ее генотип *aa*.

P ♀ *aa* x ♂ *Aa*

G (*a*) (*A*) (*a*)

F_1 *Aa* : *aa*

При браках *Aa* и *aa* равновероятная возможность рождения как больных, так и здоровых детей – 50% : 50%.

1.11. Фенилкетонурия наследуется как рецессивный признак.

Какими могут быть дети в семье, где родители гетерозиготны по этому признаку?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Норма	*A*	*AA, Aa*
Фенилкетонурия (болезнь)	*a*	*aa*

В брак вступают гетерозиготные родители *Aa* и *Aa*. Фенотипически они здоровы. При браках гетерозиготных родителей вероятны генотипы детей: *AA* – 25%, *Aa* – 50%, *aa* – 25%. Следовательно, вероятность

рождения здоровых детей равна 75%, вероятность рождения детей, больных фенилкетонурией, – 25%.

1.12. Галактоземия наследуется как аутосомный рецессивный признак. Это заболевание углеводного обмена, обусловленное неспособностью использовать галактозу. Характеризуется накоплением в крови галактозы и отставанием в физическом и умственном развитии.

Какова вероятность рождения больных детей в семье, где один из супругов гомозиготен по гену галактоземии, но развитие болезни у него предотвращено диетой, а второй гетерозиготен по галактоземии?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Норма	*A*	*AA, Aa*
Галактоземия (болезнь)	*a*	*aa*

По условиям задачи один из супругов страдал галактоземией, но был излечен. Следовательно, его генотип включает два рецессивных гена *aa*. То, что он был излечен, говорит о том, что «исправлен» его фенотип, но генотип остался прежний – *aa*. Второй супруг гетерозиготен, его генотип *Aa*.

P ♀ *Aa* x ♂ *aa*

G (*A*) (*a*) (*a*)

F_1 *Aa* : *aa*

При браках *Aa* и *aa* равновероятно рождение как здоровых, так и больных детей – 50% : 50%.

1.13. Выпишите типы гамет, которые образуются у следующих особей:

а) у особи с генотипом *BB*,

б) у особи с генотипом *Bb*,

в) у особи с генотипом *cc*.

1.14. Мужская особь имеет генотип *Bb*:

а) какие типы сперматозоидов образуются у этой особи?

б) каково численное соотношение сперматозоидов разных типов, образующихся у особи *Bb*?

1.15. Желтый цвет семян садового гороха доминирует над зеленым.

Скрещивается гомозиготный желтый горох с зеленым. Определить генотип и фенотип потомства первого поколения.

Скрещиваются два гетерозиготных растения гороха с желтыми семенами. Определить генотип и фенотип потомства.

Гетерозиготный желтый горох скрещивается с зеленым. Какое расщепление по цвету горошин ожидается в потомстве?

1.16. У томатов ген, обусловливающий красный цвет плодов, доминирует над геном желтой окраски.

Какие по цвету плоды окажутся у растений, полученных от скрещивания гетерозиготных красноплодных растений с желтоплодными?

1.17. У пшеницы ген карликовости доминирует над геном нормального роста. Каковы генотипы исходных форм, если в потомстве 3/4 растений оказалось карликовых?

1.18. Гигантский рост растения овса является рецессивным признаком, нормальный рост — доминантным.

Какие растения надо скрестить, чтобы получить однородное по росту потомство?

1.19. У томатов ген, обусловливающий нормальный рост, доминирует над геном карликовости.

Какое потомство можно ожидать от скрещивания гибридов первого поколения между собой?

1.20. У крупного рогатого скота комолость (отсутствие рогов) доминирует над рогатостью. Какое потомство можно ожидать от скрещивания комолого быка с рогатыми коровами, если известно, что в прошлом от этого быка у одной из коров был рогатый теленок?

1.21. Ген черной окраски крупного рогатого скота доминирует над геном красной окраски.

1. Какое потомство можно ожидать от скрещивания гетерозиготных особей крупного рогатого скота?

2. Какие телята родятся от красного быка и гибридных коров?

1.22. При скрещивании мух дрозофил с длинными крыльями получены длиннокрылые и короткокрылые потомки. Какой из признаков определяется доминантным геном? Каковы генотипы родителей?

1.23. У человека карие глаза (A) доминируют над голубыми (a). Отец и мать кареглазые, обе бабушки голубоглазые. В семье четверо детей. Каковы наиболее вероятные фенотипы и генотипы у детей?

1.24. У человека полидактилия (шестипалость) детерминирована доминантным геном P.

От брака гетерозиготного шестипалого мужчины с женщиной с нормальным строением руки родилось два ребенка: пятипалый и шестипалый. Каков генотип этих детей?

Гомозиготный шестипалый мужчина женился на пятипалой женщине. От этого брака родился один ребенок. Какой его фенотип и генотип?

1.25. У человека доминантный ген *A* детерминирует ахондроплазию (карликовость) за счет резкого укорочения скелета конечностей. Его аллель – рецессивный ген *a* – обусловливает нормальное строение скелета.

Женщина, имеющая нормальное строение скелета, вышла замуж за мужчину, гетерозиготного по ахондроплазии. Какова вероятность рождения ребенка с ахондроплазией?

Женщина с нормальным строением скелета вышла замуж за мужчину, гомозиготного по ахондроплазии. Какова вероятность того, что их ребенок будет страдать ахондроплазией?

1.26. У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухонемоты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха.

1. Какое потомство можно ожидать от брака гетерозиготных родителей?

2. От брака глухонемой женщины с нормальным мужчиной родился глухонемой ребенок. Определите генотипы родителей.

1.27. У человека способность ощущать вкус фенилтиомочевины (ФТМ) является доминантным признаком. «Ощущающие» индивидуумы (*TT* или *Tt*) воспринимают как чрезвычайно горькие, даже очень сильно разбавленные растворы ФТМ, тогда как «неощущающие» не воспринимают вкус этого вещества и в гораздо более высоких концентрациях.

а) Каковы генотипы супругов, если сами они ощущают вкус ФТМ, а один из их трех детей является «неощущающим»?

б) Каких фенотипов и в каких отношениях можно ожидать в потомстве от следующих скрещиваний:

гетерозигота х гетерозигота,

гомозиготный «ощущающий» индивидуум х гетерозигота,

гетерозигота х «неощущающий» индивидуум?

1.28. Рецессивный ген black детерминирует черную окраску тела дрозофилы. Мухи дикой расы имеют серое тело.

а) Среди потомства, полученного от скрещивания черной мухи с серой, половина мух имеет черное тело, половина — серое. Определить генотипы родительских особей.

б) При скрещивании серой мухи с черной оказалось. что все потомство имеет серую пигментацию тела. Определить генотипы родителей.

в) При скрещивании двух серых мух установлено, что все их потомство имеет серую окраску тела. Можно ли установить генотип родителей?

1.29. У ряда видов растений имеется рецессивный ген альбинизма: гомозиготные по этому гену (белые) экземпляры неспособны синтезировать хлорофилл. Если у растения табака, гетерозиготного по признаку альбинизма, произошло самоопыление и 500 его семян проросли, то каким будет:

а) ожидаемое число потомков с генотипом родительской формы,

б) ожидаемое число белых экземпляров?

1.30. У овса ранняя спелость доминирует над позднеспелостью. На опытном участке от скрещивания позднеспелого овса с гетерозиготным раннеспелым получено 69134 растения раннего созревания. Определите число позднеспелых растений.

1.31. Ген раннего созревания ячменя доминирует над позднеспелостью. Особи, полученные от скрещивания гомозиготного раннеспелого ячменя с позднеспелым, скрещиваются между собой. Какое будет потомство?

1.32. Серый цвет тела мухи дрозофилы доминирует над черным.

1. В серии опытов по скрещиванию серой мухи с черной получено 117 серых особей и 120 черных. Определите генотипы родительских форм.

2. При скрещивании серых мух в потомстве оказалось 1392 особи серого цвета и 467 особей черного цвета. Определите генотипы родительских форм.

1.33. При скрещивании серых и черных мышей получено 30 потомков, из них 14 были черными. Известно, что серая окраска доминирует над черной. Каков генотип мышей родительского поколения?

1.34. При скрещивании двух дрозофил с нормальными крыльями у 88 потомков из 123 были нормальные крылья, а у 35 – укороченные.

1. а) Как наследуются гены нормальных и укороченных крыльев?

б) Какими были генотипы родительских особей?

2. Если самку с укороченными крыльями скрестить с ее «отцом», то скольких мух с нормальными крыльями следует ожидать среди ее 80 потомков?

1.35. При скрещивании самца ангорского кролика с короткошерстными самками в первом поколении было получено 35 короткошерстных животных, а при скрещивании гибридов между собой в потомстве получилось 25 короткошерстных и 9 ангорских кроликов. Как наследуется ангорский тип шерсти кроликов?

1.36. У собак черный цвет шерсти доминирует над коричневым. Черная самка несколько раз скрещивалась с коричневым самцом. Всего было получено 15 черных и 13 коричневых щенков. Определите генотипы родителей и потомства.

1.2. Дигибридное и полигибридное скрещивание.

1.37. Сколько типов гамет и какие именно образуют организмы со следующими генотипами: а) *aabb,* б) *AaBB,* в) *AaBb,* г) *AAbbCC,* д) *AAbbCC,* е) *AaBbCc*?

Решение. а) Гомозиготы, согласно формуле $N = 2^n$, образуют один тип гамет ($2^0 = 1$):

P *aabb*

G (*ab*)

б) Гетерозиготы по одному признаку дают два типа гамет ($2^1 = 2$):

P *AaBB*

G (*AB*) (*aB*)

в) Гетерозиготы по двум признакам дают четыре типа гамет ($2^2 = 4$):

P *AaBb*

G (*AB*) (*aB*) (*Ab*) (*ab*)

г) Гомозиготы дают один тип гамет ($2^0 = 1$):

P *AAbbCC*

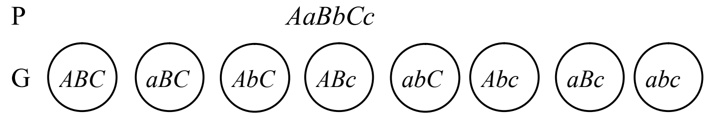
G (*AbC*)

д) Гетерозиготы по одному признаку дают два типа гамет ($2^1 = 2$):

P *AabbCC*

G (*AbC*) (*abC*)

е) Гетерозиготы по трем признакам дают восемь типов гамет (2^3):



Гетерозиготы по n признакам дают 2^n типов гамет (см. табл. 1.1. на стр. 3).

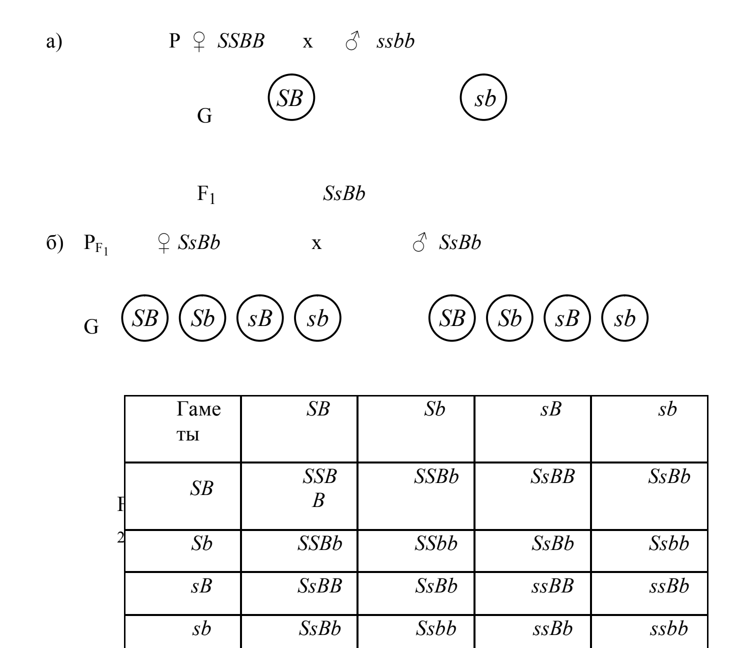
1.38. У морской свинки (*Cavia*) имеются два аллеля, определяющих черную или белую окраску шерсти, и два аллеля, определяющих короткую или длинную шерсть. При скрещивании между гомозиготами с короткой черной шерстью и гомозиготами с длинной белой шерстью у всех потомков F_1 шерсть была короткая и черная.

а) Какие аллели являются доминантными?

б) Каким будет соотношение различных фенотипов в F_2?

Решение. Если в F_1 у всех морских свинок была короткая черная шерсть, то это означает, что короткая шерсть доминирует над длинной, а черная окраска над белой.

Признак	Ген	Генотип
Черная шерсть	*B*	*BB, Bb*
Белая шерсть	*b*	*bb*
Короткая шерсть	*S*	*SS, Ss*
Длинная шерсть	*s*	*ss*



а) P ♀ *SSBB* x ♂ *ssbb*

G *SB* *sb*

F_1 *SsBb*

б) P_{F_1} ♀ *SsBb* x ♂ *SsBb*

G *SB* *Sb* *sB* *sb* *SB* *Sb* *sB* *sb*

F_2

Гаметы	*SB*	*Sb*	*sB*	*sb*
SB	*SSBB*	*SSBb*	*SsBB*	*SsBb*
Sb	*SSBb*	*SSbb*	*SsBb*	*Ssbb*
sB	*SsBB*	*SsBb*	*ssBB*	*ssBb*
sb	*SsBb*	*Ssbb*	*ssBb*	*ssbb*

Соотношение фенотипов во втором поколении:

9 *S_ B_* : 3 *S_ bb* : 3 *ssB_* : 1 *ssbb*

с короткой черной шерстью	с короткой белой шерстью	с длинной черной шерстью	с длинной белой шерстью

1.39. Нормальный рост у овса доминирует над гигантизмом, а раннеспелость - над позднеспелостью. Гены обоих признаков находятся в разных парах хромосом.

1. Какими признаками будут обладать гибриды от скрещивания гомозиготных растений позднеспелого овса нормального роста с гигантским раннеспелым?

2. Какой процент гигантских раннеспелых растений можно ожидать от скрещивания гетерозиготных по обоим признакам растений?

3. От скрещивания раннеспелых растений нормального роста между собой было получено 22372 растения. Из них гигантских оказалось 5593 растения и столько же позднеспелых.

Определите число полученных гигантских растений позднего созревания.

Решение. Из условий задачи видно, что имеем дело с двумя парами неаллельных генов.

Признак	Ген	Генотип
Нормальный рост овса	*A*	*AA, Aa*
Гигантский рост овса	*a*	*aa*
Раннее созревание семян	*B*	*BB, Bb*
Позднее созревание семян	*b*	*bb*

По условию пункта 1 скрещиваются гомозиготные растения. Первое – нормального роста (*AA*) и позднеспелое (*bb*), его генотип *AAbb*. Второе – гигантское (*aa*) и раннеспелое (*BB*), его генотип *aaBB*. Первый родитель может дать только один тип гамет – *Ab*, второй – только *aB*. При слиянии таких гамет возможен лишь один вариант генотипа потомства – *AaBb*. Следовательно, все потомство будет гетерозиготным по обеим парам генов, а фенотипически – все нормального роста и раннеспелое.

Ответ на пункт 2 легко найти в решетке Пеннета. В трех случаях из шестнадцати особи будут с генотипами *aaBB* и *aaBb*, 3/16 = 18,75%.

Можно решить иначе. В условии задачи мы записали: гигантский рост – *a*, раннее созревание – *B*. В пункте 2 задачи спрашивается, какой процент растений будет с признаками генов *a* и *B*. При скрещивании дигибридов расщепление по фенотипу происходит в отношении 9 : 3 : 3 : 1, т.е. 9 – с признаками, обусловленными генами *A* и *B*, 3 – с признаками, обусловленными генами *A* и *b*, 3 – с признаками, обусловленными генами *a* и *B*, 1– с признаками, обусловленными генами *a* и *b*. Следовательно, гигантских растений раннего созревания будет 3 из 16, или 18,75%.

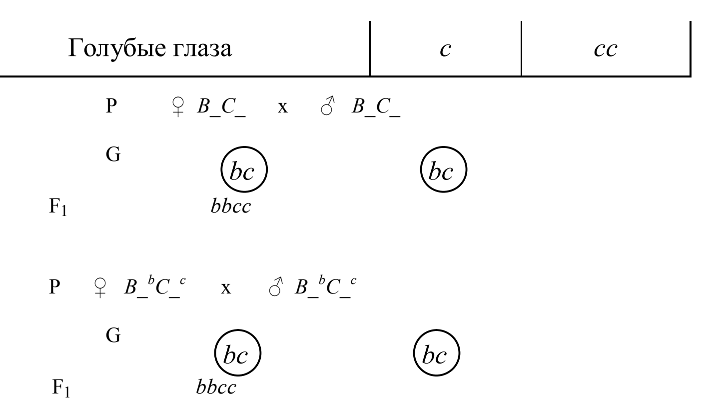
Наконец, можно решить пункт 2, исходя из вероятностей совпадения независимых явлений. Вероятность проявления в потомстве признака рецессивного гена одного аллеля – гигантский рост – равна 1/4, вероятность проявления доминантного гена второго аллеля – раннее созревание – равна 3/4, вероятность сочетания этих признаков в потомстве равна 1/4 x 3/4 = 3/16 = 18,75%.

В пункте 3 задачи по полученным соотношениям 5593 : 22372 определяем, что по росту произошло расщепление 1 : 3, по срокам созревания – также 1:3. Следовательно, скрещивались гетерозиготные по обоим признакам растения. В этом случае гигантских растений позднего созревания должно получиться 1/16. 22372 : 16 = 1398 растений.

1.40. У человека близорукость доминирует над нормальным зрением, а карий цвет глаз – над голубым. Единственный ребенок близоруких кареглазых родителей имеет голубые глаза и нормальное зрение. Установить генотипы всех членов семьи.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Близорукость	*B*	*BB, Bb*
Нормальное зрение	*b*	*bb*
Карие глаза	*C*	*CC, Cc*



Так как родители – близорукие и кареглазые, в генотипе каждого из них должен быть доминантный ген. Их ребенок – рецессивная гомозигота. Следовательно, родители должны быть гетерозиготны по обоим признакам.

1.41. При самоопылении растений томатов высоких с рассеченными листьями было получено: таких же растений – 924, высоких с картофелевидными листьями – 317, карликовых с рассеченными листьями – 298, карликовых с картофелевидными листьями – 108. Определить генотипы указанных растений.

Решение. В условии задачи не сказано, какие признаки у томатов являются доминантными, а какие рецессивными. На основании расщепления в потомстве при самоопылении высоких томатов с рассеченными листьями нужно определить: 1) характер наследования признаков (высота растения и форма листьев) и 2) генотипы родительских растений и потомства. Условие задачи удобнее оформить следующим образом:

P высокие с рассеченными листьями x высокие с рассеченными листьями

F_1 924 : 317 : 298 : 108

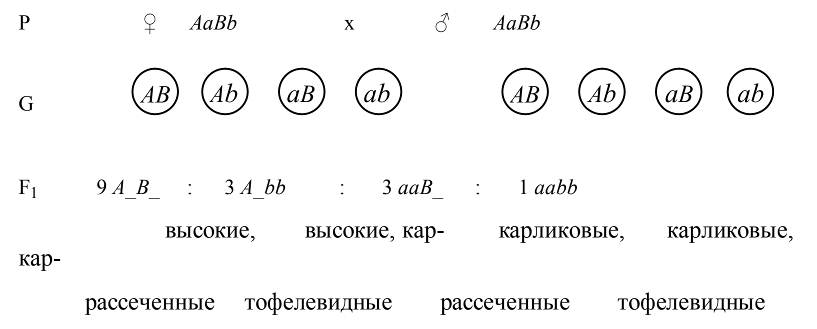
высокие с рассеченными листьями; высокие с картофелевидными листьями; карликовые с рассеченными листьями; карликовые с картофелевидными листьями

Приведенное расщепление напоминает расщепление 9 : 3 : 3 : 1 во втором поколении дигибридного скрещивания. В таком случае родительские особи должны быть гетерозиготами по двум парам признаков (генотип *AaBb*) и давать расщепление 9 *A_B_* : 3 *A_bb* : 3 *aaB_* : 1 *aabb*. Учитывая, что 1/16 часть особей несет оба признака в рецессивном гомозиготном состоянии, можно сделать вывод относительно характера наследования признаков:

Признак	Ген	Генотип
Высокий рост	*A*	*AA, Aa*

Карликовый рост	*A*	*Aa*
Рассеченные листья	*B*	*BB, Bb*
Картофелевидные листья	*b*	*bb*

Схема скрещивания томатов с предложенным расщеплением в потомстве должна выглядеть следующим образом:



1.42. У собак ген черной шерсти доминирует над цветом кофейной шерсти, а ген короткой шерсти – над длинной.

Охотник купил собаку черную с короткой шерстью и хочет быть уверен, что она не несет генов кофейного цвета и длинной шерсти. Какого партнера по фенотипу и генотипу надо подобрать для скрещивания, чтобы проверить генотип купленной собаки?

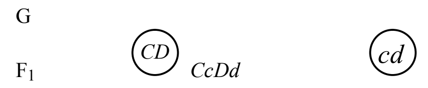
Решение.

Признак	Ген	Генотип
Черная шерсть	*C*	*CC, Cc*
Кофейная шерсть	*c*	*cc*
Короткая шерсть	*D*	*DD, Dd*
Длинная шерсть	*d*	*dd*

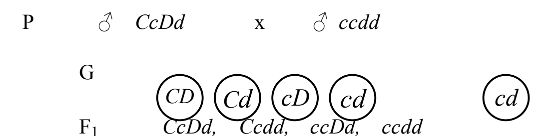
P ♀ *C_D_* x ♂ *ccdd*

Генотип собаки *C_D_*. Чтобы установить в гомо- или гетерозиготном состоянии находятся гены *C* и *D*, необходимо провести анализирующее скрещивание – ее партнер должен быть с кофейной длинной шерстью – *ccdd*. Если мы получим единообразие гибридов, генотип материнского организма будет *CCDD*.

P ♂ *CCDD* x ♂ *ccdd*



При генотипе *CcDd* мы будем иметь в поколении особей черных с короткой и длинной шерстью, кофейных – с короткой и длинной шерстью.

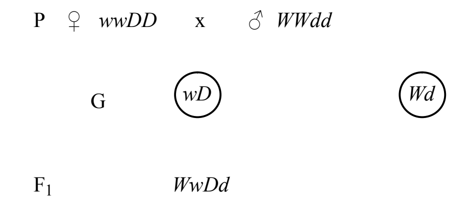


1.43. У тыквы белая окраска плодов доминирует над желтой, а дисковидная форма — над шаровидной. Какими будут окраска и форма плодов у растений первого поколения от скрещивания гомозиготного растения с желтыми дисковидными плодами с растением, гомозиготным по белой окраске и шаровидной форме плодов? Какие признаки будут у растений в потомстве от возвратного скрещивания особей первого поколения с желтым дисковидным родителем; с белым шаровидным родителем? Будут ли данные скрещивания относиться к анализирующему скрещиванию?

Решение.

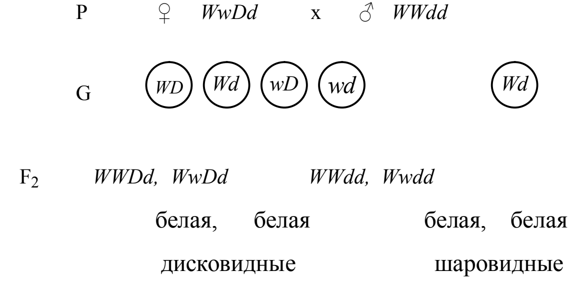
Признак	Ген	Генотип
Белая окраска плодов у тыквы	*W*	*WW, Ww*
Желтая окраска плодов у тыквы	*w*	*ww*
Дисковидная форма плодов тыквы	*D*	*DD, Dd*
Шаровидная форма плодов тыквы	*d*	*dd*

По условию задачи исходные родительские особи гомозиготны по обоим признакам. Требуется определить генотип и фенотип потомства первого поколения и возвратных скрещиваний:

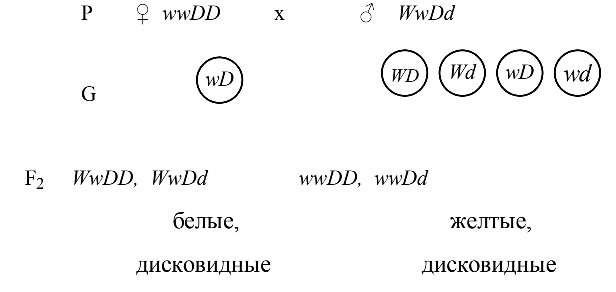


В первом поколении от скрещивания материнского растения с желтыми и дисковидными плодами с мужским, имеющим белые шаровидные плоды, все особи дигетерозиготны и имеют белые плоды дисковидной формы в силу доминирования генов *W* и *D*.

В потомстве от скрещивания гибридной формы с белым шаровидным родителем растения имеют белые плоды; половина из них дисковидной, половина — шаровидной формы:



Все растения, полученные от скрещивания гибридной особи первого поколения с исходным желтым дисковидным родителем, имеют плоды дисковидной формы; половина из них белого цвета, половина — желтого:



В обеих схемах наблюдается анализирующее скрещивание по одному из признаков: в первом случае – по форме, а во втором – по окраске плодов фигурной тыквы. Отсюда расщепление в потомстве происходит по фенотипу 1 : 1.

1.44. Сколько типов гамет и какие именно образуют следующие организмы:

а) организм с генотипом *CCDD*,

б) организм с генотипом *ccDD*,

в) организм рецессивный по генам *c, d*?

1.45. Сколько типов гамет и какие именно образуют следующие организмы:

а) организм с генотипом *Ccdd*,

б) дигибрид *CcDd*,

в) тригибрид *CcDdEe*?

1.46. У гороха желтый цвет семян *A* доминирует над зеленым *a*, гладкая поверхность семян *B* — над морщинистой *b*.

Гомозиготный желтый гладкий горох скрещивали с зеленым морщинистым. Определить фенотип и генотип потомства в первом и во втором поколениях.

Дигетерозиготный горох с желтыми гладкими семенами скрещен с зеленым морщинистым. Какое расщепление по фенотипу и генотипу ожидается в потомстве?

Гетерозиготный желтый морщинистый горох скрещен с зеленым, гетерозиготным по гладкой форме семян. Каким будет расщепление по фенотипу и генотипу в первом поколении?

При опылении цветов желтого морщинистого гороха пыльцой зеленого гладкого одна половина потомства была желтой гладкой, вторая – зеленой гладкой. Определить генотипы родительских растений.

При опылении цветов зеленого гладкого гороха пыльцой желтого морщинистого в потомстве получены желтые гладкие, желтые морщинистые, зеленые гладкие, зеленые морщинистые плоды в равных количествах (по 1/4). Определить генотипы родителей.

1.47. У фигурной тыквы белая окраска плодов W доминирует над желтой w, а дисковидная форма плодов D – над шаровидной d.

Скрещивается растение, гомозиготное по желтой окраске и дисковидной форме плодов, с растением, гомозиготным по белой окраске и шаровидной форме плодов. Какими будут окраска и форма плодов у растений первого поколения; в потомстве от возвратного скрещивания растений этого поколения с желтым дисковидным родителем; с белым шаровидным родителем?

1.48. У родителей, имеющих нормальную пигментацию и курчавые волосы (оба признака доминантные), ребенок – альбинос с гладкими волосами. Каковы генотипы родителей и каких детей можно ожидать от этого брака в дальнейшем?

1.49. У голубоглазого темноволосого отца и кареглазой светловолосой матери четверо детей. Каждый из них отличается по одному указанному признаку. Каковы генотипы родителей, если темные волосы и карие глаза – доминантные признаки?

1.50. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, а способность владеть правой рукой – над способностью владеть левой рукой. Гены обоих признаков находятся в различных хромосомах. Кареглазый правша женится на голубоглазой левше.

Какое потомство в отношении указанных признаков можно ожидать?

1.51. Гомозиготная муха дрозофила желтого цвета с очень узкими крыльями скрещена с обычной гомозиготной дрозофилой (серое тело, нормальные крылья). Какими будут гибриды? Какое потомство получится в результате скрещивания гибридов?

1.52. Светловолосый кареглазый мужчина из семьи, все члены которой имели карие глаза, женился на голубоглазой темноволосой женщине, мать которой была светловолосой. Какой фенотип можно ожидать у детей?

1.53. Муха дрозофила с черным телом и зачаточными крыльями скрещена с мухой, имеющей серое тело и нормальные крылья. Какое потомство можно ожидать, если вторая муха гомозиготна по обоим генам?

1.54. Какое потомство получится от скрещивания гетерозиготного черного комолого быка с рогатой красной коровой, если комолость и черная масть – доминантные признаки?

1.55. У кошек ген короткой шерсти (*L*) доминирует над геном длинной шерсти (*l*), а ген, определяющий белые пятна (*S*), доминирует над геном отсутствия белых пятен (*s*).
а) Постройте решетку Пеннета для каждого из следующих скрещиваний:

1) *LlSs* х *Llss*,

2) *LLSs* х *Llss*,

3) *LlSs* х *llss*.

б) Какова ожидаемая доля особей с короткой шерстью и белыми пятнами среди потомков от скрещивания 2?

1.56. Черная масть крупного рогатого скота доминирует над рыжей, а белоголовость — над сплошной окраской головы. Какое потомство можно получить от скрещивания гетерозиготного черного быка со сплошной окраской головы с рыжей белоголовой коровой, если последняя гетерозиготна по белоголовости? Гены обоих признаков находятся в разных хромосомах.

1.57. У собак черный цвет шерсти доминирует над кофейным, а короткая шерсть над длинной. Обе пары генов находятся в разных хромосомах. Какой процент черных короткошерстных щенков можно ожидать от скрещивания двух особей, гетерозиготных по обоим признакам?

1.58. У растений томата ген пурпурной окраски стеблей (*A*) доминирует над геном зеленой окраски (*a*), а ген красной окраски плодов (*R*) доминирует над геном желтой окраски (*r*). Если скрестить два растения томата, гетерозиготных по обоим этим признакам, то какой будет среди потомков доля растений:

а) с пурпурными стеблями и желтыми плодами,

б) с зелеными стеблями и красными плодами,

в) с пурпурными стеблями и красными плодами?

1.59. От скрещивания, о котором шла речь в задаче 1.58, получено и высеяно 640 семян. Определите ожидаемое число растений:

а) с красными плодами,

б) с зелеными стеблями,

в) с зелеными стеблями и желтыми плодами.

1.60. Если скрестить одну из родительских форм, указанных в задаче 1.58, с растением, имеющим зеленый стебель и гетерозиготным по гену красной окраски плодов, то какой будет среди потомков доля растений:

а) с пурпурными стеблями и желтыми плодами,

б) с зелеными стеблями и желтыми плодами,

в) с зелеными стеблями и красными плодами?

1.61. Растение тыквы с белыми дисковидными плодами, скрещенное с растением, имеющим белые шаровидные плоды, дает 38 растений с белыми дисковидными, 36 – с белыми шаровидными, 13 – с желтыми дисковидными и 12 – с желтыми шаровидными плодами. Определить генотипы родительских растений, зная, что у фигурной тыквы белая окраска плодов *W* доминирует над желтой *w* , а дисковидная форма плодов *D* – над шаровидной *d*.

1.62. У кролика белая окраска шерсти рецессивна по отношению к серой, а волнистая шерсть доминирует над гладкой. Серый волнистый кролик скрещивается с серой гладкошерстной самкой. В потомстве получены белые волнистые кролики. Как провести скрещивание дальше, чтобы получить побольше белых волнистых кроликов? Как проверить чистоту линии белых волнистых кроликов из первого поколения?

1.63. Курица и петух черные хохлатые. От них получены цыплята: 7 черных и 3 бурых хохлатых, 2 черных и 1 бурый без хохла. Как наследуются указанные признаки у кур? Каковы генотипы родительских особей? Какое потомство можно ожидать от скрещивания родительской особи с потомком бурого оперения и без хохла?

1.64. При скрещивании двух мух дрозофил получено 35 мух с серым телом и зачаточными крыльями и 37 мух с черным телом и зачаточными крыльями. Какой фенотип родителей?

1.65. Плоды томатов бывают красные и желтые, гладкие и пушистые. Ген красного цвета доминантный, ген пушистости рецессивный. Обе пары генов находятся в разных хромосомах.

1. Какое потомство можно ожидать от скрещивания гетерозиготных томатов с красными и гладкими плодами с особью, гомозиготной по обоим рецессивным признакам?

2. Из собранного в крестьянском хозяйстве урожая помидоров оказалось 36 т гладких красных и 12 т красных пушистых.

Сколько в собранном урожае будет желтых пушистых помидоров, если исходный материал был гетерозиготным по обоим признакам?

1.66. Скрещиваются две породы тутового шелкопряда, которые отличаются следующими двумя признаками: одна из них дает одноцветных гусениц, плетущих желтые коконы, а другая – полосатых гусениц, плетущих белые коконы. В первом поколении все гусеницы были полосатыми и плели желтые коконы. Во втором поколении получилось следующее расщепление: 6385 полосатых гусениц, плетущих желтые коконы, 2147 – полосатых с белыми коконами, 2099 – одноцветных с желтыми коконами и 691 – одноцветных с белыми коконами. Определите генотипы исходных форм и потомства первого и второго поколений.

1.67. Какое будет потомство при анализирующем скрещивании дигетерозиготной дрозофилы с серым телом, нормальными крыльями и дрозофилы с черным телом, зачаточными крыльями?

1.3. Неполное доминирование.

1.68. У львиного зева растения с широкими листьями при скрещивании между собой всегда дают потомство тоже с широкими листьями, а растения с узкими листьями – только потомство с узкими листьями. В результате скрещивания широколистной особи с узколистной возникает растение с листьями промежуточной ширины. 1) Каким будет потомство от скрещивания двух особей с листьями промежуточной ширины? 2) Что получится, если скрестить узколистное растение с растением, имеющим листья промежуточной ширины?

Решение. Из условий задачи ясно, что мы имеем дело с одной парой генов. Ни один из генов не доминирует полностью над другим.

Признак	Ген	Генотип
Широкие листья	R	RR
Узкие листья	R'	$R'R'$
Листья промежуточной ширины	R, R'	RR'

По условию пункта 1 требуется установить потомство от скрещивания двух растений с листьями промежуточной ширины, т.е. гетерозиготных: RR' x RR'.

Решать можно по схеме или, составляя решетку:

P ♀ RR' x ♂ RR'

G R R' R R'

F_1 $RR : RR' : RR' : R'R'$

Гаметы	R	R'
R	RR	RR'
R'	RR'	$R'R'$

1/4 растений будет с широкими листьями, 1/4 – с узкими и 1/2 – с листьями промежуточной ширины.

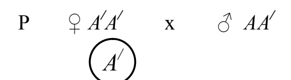
В пункте 2 требуется определить характер потомства от скрещивания узколистного растения ($R'R'$) с растением, имеющим листья промежуточной ширины (RR'). Потомство получится характерным для анализирующего скрещивания: половина с узкими листьями, половина с листьями промежуточной ширины.

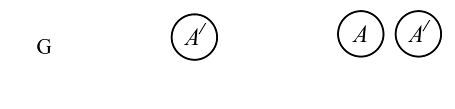
1.69. Определите возможные фенотипы детей в семье, где один из супругов страдает акаталазией, другой имеет пониженную ее активность.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Акаталазия (отсутствие каталазы в крови)	A'	$A'A'$
Наличие каталазы	A	AA
Сниженное содержание каталазы	A, A'	AA'

P ♀ $A'A'$ x ♂ AA'





F_1 AA', $A'A'$

У детей возможно как отсутствие каталазы, так и пониженное ее содержание.

1.70. При скрещивании между собой растения красноплодной земляники всегда дают потомство с красными ягодами, а белоплодной – с белыми. В результате скрещивания обоих сортов получаются розовые ягоды. Какое потомство возникнет при скрещивании между собой гибридных растений земляники с розовыми ягодами? Какое потомство получится при опылении красноплодной земляники пыльцой гибридного растения с розовыми ягодами?

1.71. При скрещивании растений ночной красавицы с красными и белыми цветками получаются растения, имеющие розовые цветки. Какие гаметы дадут растения с розовыми цветками? Какое расщепление по фенотипу будет во втором поколении? Какое расщепление по генотипу будет во втором поколении?

1.72. У крупного рогатого скота шортгорнской породы гены красной и белой масти в гетерозиготном состоянии дают чалую масть. Какая часть потомков от скрещивания двух чалых родителей должна быть чалой масти?

1.73. Куры с белым оперением при скрещивании между собой всегда дают белое потомство, а куры с черным оперением – черное. Потомство от скрещивания белой и черной особей оказывается голубым (пестрым). Какая часть потомства от скрещивания голубых петуха и курицы будет с голубым оперением?

1.74. У овец некоторых пород среди животных с ушами нормальной длины (длинноухие) встречаются и полностью безухие. При скрещивании длинноухих между собой, а также безухих особей между собой получается потомство, сходное по этому признаку с родителями. Гибриды же между длинноухими и безухими особями имеют короткие уши. Какое потомство получится при скрещивании таких гибридов между собой и при скрещивании их с безухой особью?

1.75. При разведении в себе горностаевых кур в потомстве, состоящем из 42 цыплят, было получено 20 горностаевых, 12 черных и 10 чисто белых. Как наследуется горностаевая окраска оперения?

1.76. Редкий в популяции ген A' вызывает у человека наследственную анофтальмию (безглазие). Аллельный ген A обусловливает нормальное развитие глаз, у гетерозигот глазные яблоки уменьшены.

Супруги гетерозиготны по гену A. Определить расщепление по фенотипу и генотипу в потомстве.

Мужчина, гетерозиготный по гену A женился на женщине с нормальными глазами. Какое расщепление по фенотипу ожидается в потомстве?

1.77. У пшеницы длина колоса наследуется по промежуточному типу, а безостость доминирует над остистостью. Какие гаметы и какое потомство дадут в первом и во втором поколениях скрещенные растения пшеницы с длинным безостым колосом и остистой пшеницы, имеющей короткий колос?

1.78. Окраска цветков у ночной красавицы наследуется по промежуточному типу, а высота растения доминирует над карликовостью. Произведено скрещивание гомозиготного растения ночной красавицы с красными цветками, нормальным ростом и растения, имеющего белые цветки, карликовый рост. Какие гаметы дадут родительские растения и растения первого поколения? Какое расщепление будет наблюдаться во втором поколении?

1.79. У крупного рогатого скота латвийской породы гены красной и белой шерсти в гетерозиготном состоянии дают чалую окраску, а безрогость доминирует над рогатостью. Какое потомство будет от скрещивания чалой рогатой коровы с чалым безрогим быком?

1.80. У львиного зева красная окраска цветов A частично доминирует над белой окраской A', так, что у гибридов цветки розовые. Узкие листья H частично доминируют над широкими листьями H' – у гибридов листья обладают промежуточной шириной. Растения с красными цветками и средними листьями скрещиваются с растениями с розовыми цветками и средними листьями. Каким будет фенотип и генотип потомства от этого скрещивания?

1.81. У кур ген гороховидного гребня (P) доминирует над геном простого гребня (p), а по генам черной (B) и белой (B') окраски наблюдается неполное доминирование: особи с генотипом BB' имеют «голубую» окраску. Если скрещивать птиц, гетерозиготных по обеим парам генов, то какая доля потомков будет иметь:

а) простой гребень,

б) голубую окраску,

в) белую окраску,

г) белую окраску и гороховидный гребень,

д) голубую окраску и простой гребень?

1.4. Взаимодействие неаллельных генов.

1.82. Глухота у человека может быть обусловлена рецессивными генами d и e, лежащими в разных парах хромосом. Для нормального слуха необходимо наличие обоих доминантных генов. Глухая женщина ($DDee$) вступает в брак с глухим мужчиной ($ddEE$). Будут ли глухими их дети?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Глухота	d, e	$ddee, DDee, Ddee, ddEE, ddEe$
Нормальный слух	D, E	$DDEE, DdEe$

P ♀ $DDee$ x ♂ $ddEE$

G  

F$_1$ *DdEe*

Так как в зиготе встречаются доминантные гены из каждой пары, все дети будут иметь нормальный слух.

1.83. У большинства пород кур окрашенное оперение детерминирует ген *C*, белое оперение – его аллель *c*. У породы леггорн имеется эпистатический ген *I*, подавляющий развитие пигмента даже при наличии гена *C*. Его аллель *i* такого эффекта не оказывает и действие гена *C* проявляется.

Скрещены две белые дигетерозиготные особи. Определить расщепление по фенотипу у потомков.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Окрашенное оперение	*C*	*Ccii, ccii*
Белое оперение	*c*	*CCII, CcIi, ccII, ccIi*

P ♀ *CcIi* x ♂ *CcIi*

G (*CI*) (*Ci*) (*cI*) (*ci*) (*CI*) (*Ci*) (*cI*) (*ci*)

F$_1$ 9 *C_I_*, 3 *C_ ii*, 3 *ccI_*, 1 *cc ii*

белые окрашенные белые белые

соотношение 13 : 3

1.84. Рост человека контролируется тремя парами несцепленных генов, которые взаимодействуют по типу полимерии. Самые низкорослые люди имеют все рецессивные гены и рост 150 см, самые высокие – все доминантные и рост 180 см.

Определить рост людей, гетерозиготных по трем парам генов: $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Высокий рост, 180 см	A_1, A_2, A_3	$A_1A_1A_2A_2A_3A_3$
Низкий рост, 150 см	a_1, a_2, a_3	$a_1a_1a_2a_2a_3a_3$

Их рост будет равен средней величине роста гомозигот по доминантным и рецессивным генам – 165 см.

1.85. При скрещивании курицы с гороховидным и петуха с розовидным гребнем все гибриды первого поколения имеют ореховидный гребень, который получается благодаря взаимодействию двух доминантных аллелей *A* и *B*.

Какое потомство будет при скрещивании особей F_1 между собой? Какое потомство будет при скрещивании гибрида F_1 с гомозиготной особью, имеющей розовидный гребень?

1.86.* При скрещивании двух растений тыквы с дисковидными и удлиненными плодами получены растения, имеющие дисковидные, круглые и удлиненные плоды. Каковы генотипы родительских растений? Какая часть потомства должна иметь круглую форму плодов?

1.87.* Наследование масти у лошадей обусловливается взаимодействием двух неаллельных генов по типу эпистаза. При скрещивании серой и вороной лошадей получен рыжий жеребенок. Каковы генотипы родителей? Используя данные таблицы 1.2. на стр. 4, укажите, к доминантному или рецессивному эпистазу относится данное взаимодействие генов.

1.88. У кур – белых леггорнов – окраска оперения контролируется двумя группами генов:

W (белая окраска) доминирует над *w* (цветная),

B (черная окраска) доминирует над *b* (коричневая).

Гетерозиготное потомство F_1 имеет генотип *WwBb* и белую окраску.

Объясните происходящее в этом случае взаимодействие между генами и укажите численные отношения фенотипов в поколении F_2.

1.89.* Масса плода у одного сорта тыквы определяется тремя парами генов, причем, сочетание *AABBCC* дает плоды массой 3 кг, а сочетание *aabbcc* – плоды массой 1,5 кг. Каждый доминантный ген добавляет к массе плода 250 г. При скрещивании 3-х килограммовых тыкв с 1,5 килограммовыми все потомки дают плоды массой 2,25 кг. Какой была бы масса плодов у F_2 при скрещивании двух таких растений F_1?

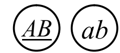
1.5. Сцепленное наследование и кроссинговер.

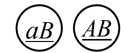
1.90. Какие типы гамет образуются у организмов, имеющих генотипы:

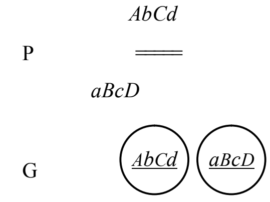
$\frac{AB}{ab}$, $\frac{Ab}{aB}$, $\frac{aB}{AB}$, $\frac{AbCd}{aBcD}$ (перектрест отсутствует)?

Решение.

P $\frac{AB}{ab}$ P $\frac{Ab}{aB}$ P $\frac{aB}{AB}$

G 

Ab aB




1.91. Определите различия в численном соотношении образующихся гамет у двух организмов, имеющих следующую структуру генотипов:

1) $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$, 2) $\frac{AB}{ab}$.

Решение. У первого организма аллельные гены не сцеплены и наследуются независимо. Он дает в равном количестве четыре сорта гамет (25% *AB, 25% Ab, 25% aB, 25% ab*). У второго наблюдается сцепление генов. Этот организм дает при полном сцеплении два сорта гамет (50% *AB* и 50% *ab*). При неполном сцеплении генов будут образовываться четыре сорта гамет; из них некроссоверные *AB*, *ab* в количестве больше чем по 25% и кроссоверные *Ab* и *aB* – меньше чем по 25%.

1.92. Какие различия в численном соотношении гамет будут наблюдаться у двух организмов с генотипами $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$ и $\frac{DE}{de}$ (расстояние между генами *D* и *e* в группе сцепления 4,6 морганиды)?

Решение.

P $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$

G *A B*, *a b*, *A b*, *a B*

25% 25% 25% 25%

P $\frac{DE}{de}$

DE, *de*, *De*, *dE*

G



В I-ом случае при гаметогенезе имеет место свободное комбинирование хромосом, и гаметы разных типов будут образовываться в равном количестве (по 25% каждого типа). Во II-ом случае мы имеем дело со сцеплением генов, поэтому число гамет каждого типа будет различным: не-кроссоверных гамет – по 47,7%, кроссоверных – по 2,3%.

1.93. Сколько и какие типы гамет образуются у мух дрозофил с генотипами:

1. ♂ $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$, 2. ♂ $\frac{CD}{cd}$, 3. ♀ $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$, 4. ♀ $\frac{CD}{cd}$.

Решение.

1. P ♂ $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$ 2. P ♂ $\frac{CD}{cd}$

G: AB, ab, Ab, aB G: CD, cd

3. P ♀ $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$ 4. P ♀ $\frac{CD}{cd}$

G G

В 1-ом и 3-ем случаях и у самца, и у самки имеет место свободное комбинирование хромосом при гаметогенезе, поэтому образуется 4 типа одинаковых гамет (особи дигетерозиготны).

Во 2-ом и 4-ом случаях гены *C* и *D* расположены в одной группе сцепления. У самки дрозофилы сцепление генов неполное и образуется 4 типа гамет, у самца сцепление полное, поэтому у него образуется только два типа некроссоверных гамет.

1.94. Гены *A* и *C* расположены в одной группе сцепления, расстояние между ними 5,8 морганид.

Определите, какие типы гамет и в каком процентном соотношении

образуют особи генотипа $\frac{AC}{ac}$.

Решение. У организма данного генотипа наблюдается неполное сцепление генов. Некроссоверные гаметы — *AC* и *ac*, кроссоверные – *Ac* и *aC*. Количество каждой из кроссоверных гамет будет 5,8 : 2 = 2,9%, а каждой из некроссоверных – (100 – 5,8) : 2 = 47,1%.

1.95. Гомозиготное растение с пурпурными цветками и коротким стеблем скрестили с гомозиготным растением с красными цветками и длинным стеблем; у гибридов F_1 были пурпурные цветки и короткий стебель. При анализирующем скрещивании растения F_1 с двойной гомозиготой по рецессивным генам были получены следующие потомки:

52 с пурпурными цветками и коротким стеблем,

47 с пурпурными цветками и длинным стеблем,

49 с красными цветками и коротким стеблем,

45 с красными цветками и длинным стеблем.

Дайте полное объяснение этим результатам.

Решение. Фенотипы F_1 свидетельствуют о том, что пурпурные цветки и короткий стебель – доминантные признаки, а красные цветки и длинный стебель – рецессивные. Примерное соотношение 1:1:1:1 при дигибридном скрещивании означает, что два гена, контролирующие окраску цветка и длину стебля, не сцеплены и что четыре соответствующих аллеля находятся в разных парах хромосом. Поясним это следующим образом:

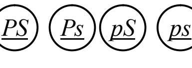
Признак	Ген	Генотип
Пурпурные цветки	*P*	*PP*, *Pp*
Красные цветки	*p*	*pp*
Короткий стебель	*S*	*SS*, *Ss*
Длинный стебель	*s*	*ss*

Поскольку оба родительских растения были гомозиготны по обоим признакам, растения F_1 должны иметь генотип *PpSs*.

P ♀ *PpSs* x ♂ *ppss*

пурпурный цветок, красный цветок,

короткий стебель длинный стебель

G  *ps* *ps*

F_2

Гаметы	*PS*	*Ps*	*pS*	*ps*
ps	*PpSs*	*Ppss*	*ppSs*	*ppss*

Фенотипы потомков:

1 с пурпурными цветками и коротким стеблем,

1 с пурпурными цветками и длинным стеблем,

1 с красными цветками и коротким стеблем,

1 с красными цветками и длинным стеблем.

1.96. У томатов высокий рост стебля доминирует над карликовым, а шаровидная форма плода над грушевидной, гены высоты стебля и формы плода сцеплены и находятся друг от друга на расстоянии 20 морганид. Скрещено гетерозиготное по обоим признакам растение с карликовым, имеющим грушевидные плоды.

Какое потомство следует ожидать от этого скрещивания?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Высокий рост стебля	*A*	*AA, Aa*
Карликовость	*a*	*aa*
Шаровидная форма плода	*B*	*BB, Bb*
Грушевидная форма плода	*b*	*bb*

Из условий задачи ясно, что один родитель $\frac{AB}{ab}$, второй $\frac{ab}{ab}$.

Имея в виду, что гены роста и формы плодов сцеплены, решаем, что первый родитель должен образовывать два типа гамет в равных количествах: *AB* и *ab*, второй – только *ab*. Однако в условии задачи сказано, что расстояние между генами роста и формы плода равно 20 морганидам. Это означает, что образуется 20% кроссоверных гамет: 10% *Ab* и 10% *aB*. Остальные 80% гамет некроссоверные: 40% *AB* и 40% *ab*. При слиянии этих гамет с гаметами второго родителя (*ab*) образуется потомство: 40% *AaBb*, 40% *aabb*, 10%

Aabb и 10% *aaBb*, т.е. 40% высокого роста с круглыми плодами, 40 % карликовых с грушевидными плодами, 10% высокого роста с грушевидными плодами и 10% карликовых с круглыми плодами.

При решении задачи мы приняли, что у одного (гетерозиготного) родителя гены *A* и *B* находились в одной хромосоме, гены *a* и *b* – в другой. Но у гетерозиготного родителя могло бы быть и иначе. Кроссинговер мог произойти где-то в предыдущих поколениях. Тогда гены *A* и *b* были бы в одной хромосоме, а гены *a* и *B* – в другой. Генотип родителя можно запи-

сать так: $\frac{Ab}{aB}$. В этом случае количественные соотношения гамет были бы

другими: 40% *Ab*, 40% *aB*, 10% *AB* и 10% *ab*. При скрещивании с *aabb* потомство было бы иное: 40% *Aabb*, 40% *aaBb*,10% *AaBb* и 10% *aabb*.

1.97. У человека локус резус-фактора сцеплен с локусом, определяющим форму эритроцитов, и находится от него на расстоянии 3 морганид (К. Штерн, 1965). Резус-положительность и эллиптоцитоз определяются доминантными аутосомными генами. Один из супругов гетерозиготен по обоим признакам. При этом резус-положительность он унаследовал от одного родителя, эллиптоцитоз – от другого. Второй супруг резус-отрицателен и имеет нормальные эритроциты.

Определите процентные соотношения вероятных генотипов и фенотипов детей в этой семье.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Резус-положительность	*Rh*	*RhRh*, *Rhrh*
Резус-отрицательность	*rh*	*rhrh*
Эллиптоцитоз	*A*	*AA, Aa*
Нормальная форма эритроцитов	*a*	*aa*

P ♀ $\frac{Rha}{rhA}$ x ♂ $\frac{rha}{rha}$

G (*Rha*) (*RhA*) (*rha*) (*rhA*) (*rha*)

Rha *RhA* *rha* *rhA*

F_1 —— : —— : —— : ——

rha *rha* *rha* *rha*

Генотип супруга, гетерозиготного по обоим признакам: $\frac{Rha}{rha}$

Генотип второго супруга $\frac{rhA}{rha}$. У первого супруга образуется 3% кроссоверных гамет (1,5% *RhA* и 1,5% *rha*), остальные 97% – некроссоверные (48,5% *Rha* и 48,5% *rhA*). Второй супруг дает гаметы только одного типа *rha*. Ожидаемые генотипы детей в этой семье: 48,5% *Rhrhaa*; 48,5% *rhrhAa*; 1,5% *RhrhAa*; 1,5% *rhrhaa*, т.е. 48,5% резус-положительных с эритроцитами нормальной формы; 48,5% резус-отрицательных с эллиптоцитозом; 1,5% резус-положительных с эллиптоцитозом; 1,5% резус-отрицательных с нормальными эритроцитами.

1.98. Скрещивание между гомозиготным серым длиннокрылым самцом дрозофилы и гомозиготной черной самкой с зачаточными крыльями дало в F_1 гетерозитотных потомков с серым телом и длинными крыльями.

При возвратном скрещивании мух из поколения F_1 с гомозиготными двойными рецессивами были получены следующие результаты:

серое тело, длинные крылья 965,

родительские фенотипы:

черное тело, зачаточные крылья 944;

черное тело, длинные крылья 206,

рекомбинантные фенотипы:

серое тело, зачаточные крылья 185.

Определить расстояние между генами.

Решение. Расстояние между генами вычисляется по формуле:

$$X = \frac{a+b}{n} \cdot 100\%,$$

где X – расстояние между генами в % кроссинговера или морганидах, a – число кроссоверных особей одного класса, b – число кроссоверных особей другого класса, n – общее число особей, полученных в результате анализирующего скрещивания.

В нашем примере:

$$\frac{(206+185)}{} \cdot 100 = \frac{391}{} \cdot 100 = 17\%$$

(965+944)+(206+185)   2300

Таким образом, расстояние между генами составит 17 морганид.

1.99. При скрещивании самок дрозофил, дигетерозиготных по генам *A* и *B*, с рецессивными по обоим генам самцами получены следующие расщепления по фенотипу:

1. *AB* : *Ab* : *aB* : *ab* = 25% : 25% : 25% : 25%.

2. *AB* : *Ab* : *aB* : *ab* = 47% : 3% : 3% : 47%.

В каком случае наблюдается свободное комбинирование, а в каком – сцепленное наследование? Определить расстояние между генами *A* и *B* для случая сцепленного наследования. Обозначить расположение генов в хромосомах для всех случаев.

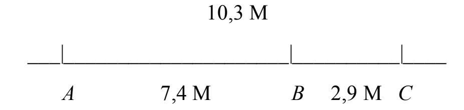
Решение. Свободное комбинирование будет иметь место в 1-ом случае, так как особи разных фенотипов образуются в одинаковых количествах.

Гены будут расположены в разных парах хромосом $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$.

Во 2-ом – сцепленное наследование, т. к. число рекомбинантных потомков ($\frac{Ab}{aB}$) 6 %. Таким образом, расстояние между генами составляет 6 морганид. Гены будут расположены в одной паре хромосом: $\frac{AB}{ab}$.

1.100. Гены *A, B* и *C* находятся в одной группе сцепления. Между генами *A* и *B* кроссинговер происходит с частотой 7,4%, между генами *B* и *C* – с частотой 2,9%. Определить взаиморасположение генов *A*, *B*, *C* в хромосоме, если расстояние между генами *A* и *C* составляет 10,3 морганиды.

Решение. Учитывая линейное расположение генов в хромосоме, гены *A*, *B* и *C* на условной линии будут располагаться следующим образом:



1.101. Определить, сколько и какие типы гамет производят особи, имеющие следующие генотипы:

а) самец дрозофилы $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$?

б) самец дрозофилы $\dfrac{Bc}{bc}$ = ?

в) самец дрозофилы $\dfrac{PA}{pa}$ = ?

г) самка дрозофилы $\dfrac{PA}{pa}$ = ?

д) самец дрозофилы $\dfrac{Ae}{ae}\ \dfrac{B}{b}$ = ?

е) самка дрозофилы $\dfrac{Ae}{aE}\ \dfrac{B}{b}$ = ?

1.102. Мужчина (дигетерозиготен), имеющий положительный резус-фактор и нормальную форму эритроцитов, женился на женщине с отрицательным резус-фактором и овальными эритроцитами. Гены резус-фактора и формы эритроцитов находятся в одной аутосоме. Какие генотипы и фенотипы будут у их детей?

1.103. При скрещивании особи, дигетерозиготной по генам *A* и *B*, с рецессивной гомозиготной особью получено расщепление по фенотипу на *A_B_*; *A_bb*; *aaB_*; *aabb* в процентном соотношении 25 : 25 : 25 : 25. Определить, наследуются ли эти гены сцеплено или здесь наблюдается их свободная комбинация. Поясните свой ответ.

1.104. С целью получения мышей шиншилла с розовыми глазами проведено скрещивание породы мышей с розовыми глазами с мышами из породы шиншилла. Признаки розовых глаз и окраски шиншилла рецессивные. В потомстве анализирующего скрещивания особи первого поколения было получено мышей шиншилла – 43,5%, мышей с розовыми глазами – 41,5%, мышей с розовыми глазами и мехом цвета шиншилла – 8% и мышей дикого типа – 7%.

Определить, как наследуются гены розового цвета глаз и окраски шиншилла, независимо или сцеплено. Ввести генетические обозначения и написать гаметы, которые образует особь первого поколения. Определить фенотип и генотип этой особи.

1.105. Самку дрозофилы, гетерозиготную по рецессивным генам темной окраски тела и миниатюрных крыльев, скрестили с самцом, который имел темное тело и миниатюрные крылья. От этого скрещивания было получено:

249 мух с темным телом и нормальными крыльями,

20 мух с нормальной окраской тела и нормальными крыльями,

15 мух с темным телом и миниатюрными крыльями,

216 мух с нормальной окраской тела и миниатюрными крыльями.

Считаете ли вы, исходя из этих данных, две эти пары генов сцепленными или несцепленными? Если вы решили, что они сцеплены, то укажите, какое из двух приведенных ниже утверждений правильно описывает их сцепление у самки:

а) гены темной окраски тела и миниатюрных крыльев лежат в одной хромосоме, а гены нормальной окраски тела и нормальных крыльев – в ее гомологе. Во время мейоза произошли кроссинговеры.

б) гены темной окраски тела и нормальных крыльев лежат в одной хромосоме, а гены нормальной окраски тела и миниатюрных крыльев – в ее гомологе. Во время мейоза произошли кроссинговеры.

1.106. У кукурузы гены окрашенного семени и гладкого эндосперма доминируют над генами неокрашенного семени и сморщенного эндосперма. Линию, гомозиготную по обоим доминантным признакам, скрещивали с линией, гомозиготной по рецессивным признакам; при анализирующем скрещивании F_2 с растениями F_1 были получены следующие результаты:

окрашенные семена, гладкий эндосперм	380,
неокрашенные семена, сморщенный эндосперм	396,
окрашенные семена, сморщенный эндосперм	14,
неокрашенные семена, гладкий эндосперм	10.

Вычислите расстояние в морганидах между геном окраски семян и геном характера эндосперма.

1.107. Гладкая форма семян кукурузы доминирует над морщинистой, окрашенные семена доминируют над неокрашенными. Оба признака сцеплены. При скрещивании кукурузы с гладкими окрашенными семенами с растением, имеющим морщинистые неокрашенные семена, получено потомство: окрашенных гладких – 4152 особи, окрашенных морщинистых – 149, неокрашенных гладких – 152, неокрашенных морщинистых – 4163.

Определите расстояние между генами.

1.108. У мух дрозофил признаки окраски тела и формы крыльев сцеплены. Темная окраска тела рецессивна по отношению к серой, короткие крылья – к длинным. В лаборатории скрещивались серые длиннокрылые самки, гетерозиготные по обоим признакам, с самцами, имеющими черное тело и короткие крылья. В потомстве оказалось серых длиннокрылых особей 1394, черных короткокрылых – 1418, черных длиннокрылых – 287, серых короткокрылых – 288. Определите расстояние между генами.

1.109. У крыс темная окраска шерсти доминирует над светлой, розовый цвет глаз – над красным. Оба признака сцеплены. В лаборатории от скрещивания розовоглазых темношерстных крыс с красноглазыми светлошерстными получено потомство: светлых красноглазых – 24, темных розовоглазых – 26, светлых розовоглазых – 24, темных красноглазых – 25. Определите расстояние между генами.

1.6. Сцепленное с полом наследование.

1.110. У родителей, имеющих нормальное зрение, две дочери с нормальным зрением, а сын – дальтоник. Каковы генотипы родителей?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Нормальное зрение	X^D	X^DX^D, X^DX^d, X^DY
Дальтонизм	X^d	X^dX^d, X^dY

P ♀ X^DX^d x ♂ X^DY

G (X^D) (X^d) (X^D) (Y)

F_1 X^DX^D, X^DY, X^DX^d, X^dY

Генотип матери – X^DX^d, т.к. только она могла передать сыну ген X^d. Генотип отца – X^DY, т.к. по условию задачи он имеет нормальное зрение.

1.111. У человека гемофилия детерминирована сцепленным с полом рецессивным геном *h*. Мать и отец здоровы. Их единственный ребенок страдает гемофилией. Кто из родителей передал ребенку ген гемофилии?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Нормальная свертываемость крови	X^H	X^HX^H, X^HX^h, X^HY
Гемофилия	X^h	X^hX^h, X^hY

P X^HX^- x X^HY

здорова здоров

F_1 ребенок с гемофилией

Ген *h* получен ребенком вместе с *X*-хромосомой от родителей и проявляется либо в гемизиготном (у сына), либо в гомозиготном (у дочери) состояниях. Родители здоровы, следовательно, в их генотипе обязательно присутствует хотя бы один ген *H*. Так как, у отца всего одна *X*-хромосома, он имеет только один ген свертываемости крови, а именно *H*, и не является переносчиком гена гемофилии. Мать, будучи здоровой и имея в одной *X*-хромосоме ген *H*, может быть гетерозиготной носительницей гемофилии. Больным ребенком-гемофиликом у таких родителей мог быть только сын, так как свою

единственную X-хромосому с геном гемофилии он получает от матери. Дочери, получая X-хромосомы от матери и отца, благодаря отцу всегда будут здоровыми. Однако часть дочерей может быть носительницами гемофилии.

P ♀ $X^H X^h$ x ♂ $X^H Y$

G X^H X^h X^H Y

F_1 $X^H X^H$, $X^H X^h$, $X^H Y$, $X^h Y$

больной ребенок.

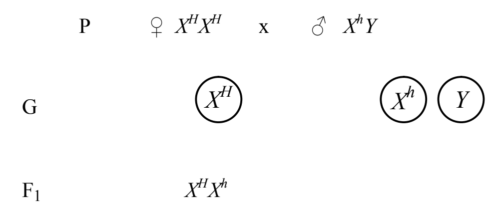
Таким образом, ген гемофилии ребенок (сын) унаследовал от матери.

1.112. Рецессивный ген гемофилии (несвертываемость крови) локализован в X-хромосоме. Отец девушки страдает гемофилией, а мать имеет нормальную свертываемость крови и происходит из семьи, благополучной по данному заболеванию. Девушка выходит замуж за здорового юношу. Что можно сказать об их дочерях и сыновьях?

Решение.

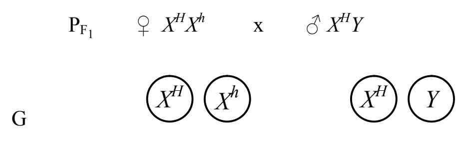
Признак	Ген	Генотип
Нормальная свертываемость крови	X^H	$X^H X^H$, $X^H X^h$, $X^H Y$
Гемофилия	X^h	$X^h X^h$, $X^h Y$

Так как, мать девушки здорова и происходит из семьи, благополучной по этому заболеванию, следовательно, она гомозиготна ($X^H X^H$).



Девушка будет носительницей гена гемофилии, так как от отца она получит X-хромосому с рецессивным геном h.

Если эта девушка выйдет замуж за здорового юношу, то об их детях можно сказать следующее:



F_2 X^HX^H, X^HX^h, X^HY, X^hY

Дочь X^HX^H – здорова; сын X^HY – здоров; дочь X^HX^h – носительница гена гемофилии; сын X^hY – болен гемофилией. Таким образом, 50% дочерей будут носительницами гена гемофилии, а 50% сыновей – больны гемофилией.

1.113. Женщина-альбинос (рецессивный аутосомный ген) вышла замуж за больного гемофилией мужчину; в остальном у женщины и мужчины благополучные генотипы. Какие признаки и генотипы будут у их детей?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Альбинизм	a	aa
Нормальная пигментация	A	AA, Aa
Гемофилия	X^h	X^hX^h, X^hY
Нормальная свертываемость крови	X^H	X^HX^H, X^HX^h, X^HY

P aaX^HX^H x AAX^hY

G aX^H AX^h AY

F_1 AaX^HX^h, AaX^HY

Дочери будут носительницами генов гемофилии и альбинизма, а сыновья – гетерозиготны по гену альбинизма с нормальной свертываемостью крови.

1.114. Классическая гемофилия передается как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой, признак.

1. Мужчина, больной гемофилией, женится на женщине, не имеющей этого заболевания. У них рождаются нормальные дочери и сыновья, которые вступают в брак с нестрадающими гемофилией лицами. Обнаружится ли у внуков вновь гемофилия и какова вероятность появления больных в семьях дочерей и сыновей?

2. Мужчина, больной гемофилией, вступает в брак с нормальной женщиной, отец которой страдал гемофилией. Определите вероятность рождения в этой семье здоровых детей.

Решение.

Признак	Ген	Генотип

Гемофилия	X^h	X^hX^h, X^hY
Норма	X^H	X^HX^H, X^HX^h, X^HY

По условиям пункта 1 ясен генотип больного мужчины – X^hY. Так как, женщина не страдает гемофилией, у нее обязательно должен быть доминантный ген «нормы» – X^H. Второй ген женщины также доминантный (X^H), в противном случае были бы больные дети. Следовательно, генотип женщины X^HX^H. Генотипы детей от такого брака:

Гаметы	X^h	Y
X^H	X^HX^h	X^HY
X^H	X^HX^h	X^HY

Иначе говоря, все мальчики будут здоровы, гена гемофилии у них не будет, а все девочки будут гетерозиготными – в рецессиве у них будет ген гемофилии. Если все мальчики впоследствии вступят в брак со здоровыми в отношении гемофилии лицами (X^HX^H), гемофилия у внуков не проявится. Если дочери (X^HX^h) вступят в брак со здоровыми мужчинами (X^HY), вероятность проявления гемофилии у внуков будет равна 1/4, или 25%. По полу это будут мальчики:

Гаметы	X^H	Y
X^H	X^HX^H	X^HY
X^h	X^HX^h	X^hY

По условиям пункта 2 в брак вступает больной мужчина (генотип X^hY) с женщиной, не страдающей болезнью. Следовательно, у женщины один ген обязательно «норма» – X^H. Но второй ген из этой пары у нее должен быть геном гемофилии – X^h, так как, отец этой женщины страдал гемофилией, а женщина получает всегда одну X-хромосому от матери, вторую – от отца. Генотип женщины – X^HX^h. Вероятность рождения здоровых детей в этой семье равна 1/2. Девочки с генотипом X^hX^h погибают.

Гаметы	X^h	Y
X^H	X^HX^h	X^HY
X^h	X^hX^h	X^hY

1.115. У человека классическая гемофилия наследуется как сцепленный с X-хромосомой рецессивный признак. Альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном. У одной супружеской пары, нормальной по этим двум признакам, родился сын с обеими аномалиями. Какова вероятность того, что у второго сына в этой семье проявятся также обе аномалии одновременно?

Решение.

Признак	Ген	Генотип

Альбинизм	a	aa
Нормальная пигментация	A	AA, Aa
Гемофилия	X^h	X^hX^h, X^hY
Нормальная свертываемость крови	X^H	X^HX^H, X^HX^h, X^HY

По условиям задачи оба родителя нормальны, следовательно, у них обязательно есть по доминантному гену из каждой пары: X^H и A. Сын имеет обе аномалии, его генотип X^hYaa. X-хромосому с геном гемофилии он мог унаследовать только от матери. Один из генов альбинизма сын получил от матери, другой – от отца. Таким образом, генотип матери X^HX^hAa, генотип отца X^HYAa. При таком браке вероятны генотипы детей:

Гаметы	X^HA	X^Ha	YA	Ya
X^HA	X^HX^HAA	X^HX^HAa	X^HYAA	X^HYAa
X^Ha	X^HX^HAa	X^HX^Haa	X^HYAa	X^HYaa
X^hA	X^HX^hAA	X^HX^hAa	X^hYAA	X^hYAa
X^ha	X^HX^hAa	X^HX^haa	X^hYAa	X^hYaa

Можно решить иначе. Вероятность того, что следующий ребенок будет сыном, равна 1/2. Вероятность того, что сын унаследует гемофилию, тоже равна 1/2. Вероятность рождения детей с альбинизмом у гетерозиготных родителей равна 1/4. Для вычисления окончательного результата все вероятности перемножаются: 1/2 x 1/2 x 1/4 = 1/16.

1.116. Мужчина-гемофилик женился на здоровой женщине, отец которой болел гемофилией. Каковы генотипы мужа и жены?

1.117.У женщины сын – гемофилик. Какова вероятность, что у ее сестры сын также будет гемофилик? В каком случае вероятность выше: если ген гемофилии получен женщиной от отца или от матери?

1.118. Могут ли нормальные по гемофилии мужчина и женщина иметь гемофилика-сына?

1.119. Каким будет ожидаемое отношение генотипов у детей женщины, отец которой страдал гемофилией, если ее муж здоров?

1.120. В каком случае у больного гемофилией может родиться сын-гемофилик?

1.121.* У бронзовых индеек встречается своеобразное дрожание тела (вибрирование), которое оказалось наследственным. Жизнеспособность больных птиц была нормальной, а при их разведении в себе получалось аномальное потомство. Однако, когда вибрирующих индюков скрещивали с нормальными индейками, то все потомство женского пола получалось аномальным, а потомки мужского пола – нормальными. Как объяснить это явление?

1.122. У одного двудомного цветкового растения встречается иногда рецессивный признак – узкие листья. Ген, определяющий этот признак, локализован в *X*-хромосоме. Гомозиготное широколистное растение было оплодотворено пыльцой узколистного. Выращенное из полученных семян женское растение было скрещено с широколистным мужским.

Какими будут мужские и женские потомки от этого скрещивания? Система определения пола у этого растения такая же, как у дрозофилы и человека.

1.123. Отец и сын – дальтоники, мать здорова. Правильно ли будет сказать, что сын унаследовал болезнь от отца?

1.124. Мать – дальтоник, отец здоров. Каковы их генотипы? Какой фенотип у детей?

1.125. Мужчина-дальтоник женился на женщине – носителе цветовой слепоты. Можно ли ожидать в этом браке здорового сына? Дочь с цветовой слепотой? Какова вероятность одного и другого события?

1.126. Цветовая слепота у человека – сцепленный с полом рецессивный признак.

а) Каковы вероятные генотипы родителей, если у всех дочерей в большой семье зрение нормальное, а все сыновья страдают цветовой слепотой?

б) Если женщина с нормальным зрением, отец которой страдал цветовой слепотой, выходит замуж за человека с тем же генетическим дефектом, то какова вероятность того, что их сын также будет страдать цветовой слепотой?

в) Какова вероятность рождения дочери с цветовой слепотой в браке, указанном в пункте (б)?

1.127. Отсутствие потовых желез у человека передается по наследству как рецессивный признак, сцепленный с полом. Здоровый юноша женился на девушке, отец которой лишен потовых желез, а мать и ее предки здоровы. Какова вероятность, что дети от этого брака будут страдать отсутствием потовых желез?

1.128.* При скрещивании двух канареек получились зеленые самцы и коричневые самки. Цвет оперения сцеплен с *X*-хромосомой. Каков внешний вид родительской пары?

1.129.* Гипертрихоз наследуется как признак, сцепленный с *Y*-хромосомой.

Какова вероятность рождения детей с этой аномалией в семье, где отец обладает гипертрихозом?

1.130. Какие дети могут родиться от брака гемофилика с женщиной, страдающей дальтонизмом, а в остальном имеющей благополучный генотип?

1.131. У дрозофилы гены длины крыльев и окраска глаз сцеплены с полом. Нормальная длина крыла и красные глаза доминируют над миниатюрными крыльями и белыми глазами.

а) Каким будет потомство F_1 и F_2 при скрещивании между самцом с миниатюрными крыльями и красными глазами и гомозиготной самкой с нормальными крыльями и белыми глазами?

Объясните ожидаемые результаты.

б) Скрещивание между самкой из полученного выше поколения и белоглазым самцом с миниатюрными крыльями дало следующие результаты:

самцы и самки с нормальными крыльями и белыми глазами 35,

самцы и самки с нормальными крыльями и красными глазами 17,

самцы и самки с миниатюрными крыльями и белыми глазами 18,

самцы и самки с миниатюрными крыльями и красными глазами 36.

Объясните появление этих фенотипов и их численные соотношения.

1.7. Множественный аллелизм. Группы крови.

1.132. Гетерозиготная женщина со II группой крови вышла замуж за гетерозиготного мужчину с III группой крови. Какие группы крови могут иметь их дети?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
I группа крови (O)	I^O	I^OI^O
II группа (A)	I^A	I^AI^A, I^AI^O
III группа (B)	I^B	I^BI^B, I^BI^O
IV группа (AB)	I^A, I^B	I^AI^B

P ♀ I^AI^O x ♂ I^BI^O

G I^A I^O I^B I^O

F_1 I^AI^B, I^AI^O, I^BI^O, I^OI^O

IV II III I

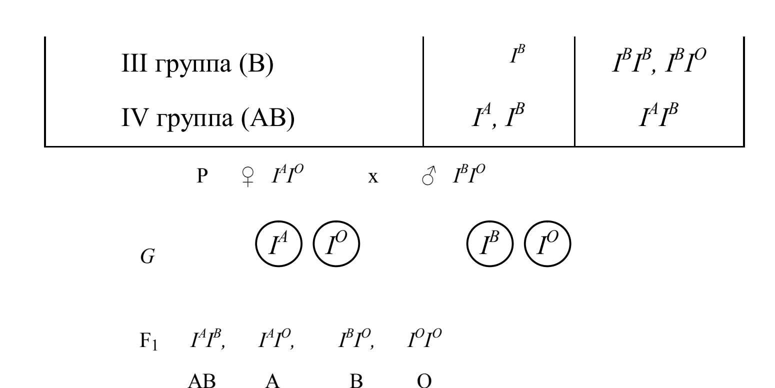
У детей возможны все четыре группы крови. IV-я группа крови – пример кодоминирования.

1.133. Укажите возможные группы крови у детей, оба родителя которых гетерозиготны, причем, у отца группа крови A, а у матери – B.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
I группа крови (O)	I^O	I^OI^O
II группа (A)	I^A	I^AI^A, I^AI^O

III группа (B)	I^B	I^BI^B, I^BI^O
IV группа (AB)	I^A, I^B	I^AI^B



У детей от этого брака возможны все четыре группы крови с равной вероятностью.

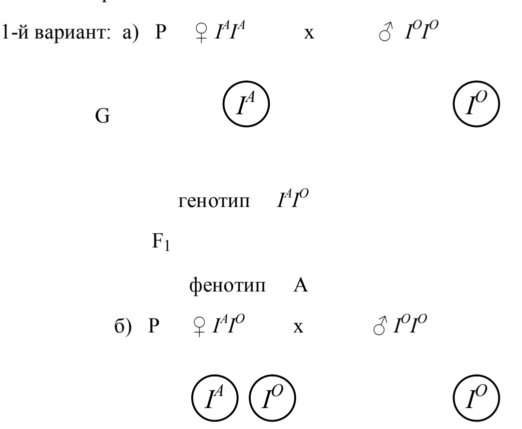
1.134. У ребенка группа крови А, у отца – О. Какая группа крови у матери?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
I группа крови (O)	I^O	I^OI^O
II группа (A)	I^A	I^AI^A, I^AI^O
III группа (B)	I^B	I^BI^B, I^BI^O
IV группа (AB)	I^A, I^B	I^AI^B

Генотип отца – I^OI^O, ребенка – I^AI^O (так как у отца I группа крови). Поскольку у ребенка есть антиген *A*, а у отца его нет, следовательно, он получен от матери (II и IV группы крови имеют антиген *A*). Генотипы второй группы – I^AI^A и I^AI^O, четвертой – I^AI^B.

Возможны два варианта.



G

генотип I^AI^O, I^OI^O

F_1

фенотип A , O

2-й вариант: P ♀ I^AI^B x ♂ I^OI^O

G I^A I^B I^O

генотип I^AI^O, I^BI^O

F_1

фенотип A , B

Таким образом, группа крови матери II (A) или IV (AB).

1.135. В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют I и II группы крови, родители другого – II и IV. Исследование показало, что дети имеют I и II группы. Определите, кто чей сын.

Решение.

Признак	Ген	Генотип
I группа крови (O)	I^O	I^OI^O
II группа (A)	I^A	I^AI^A, I^AI^O
III группа (B)	I^B	I^BI^B, I^BI^O
IV группа (AB)	I^A, I^B	I^AI^B

I^OI^O и I^AI^A или I^AI^O – генотип первой пары родителей.

I^AI^A или I^AI^O и I^AI^B – генотип второй пары родителей.

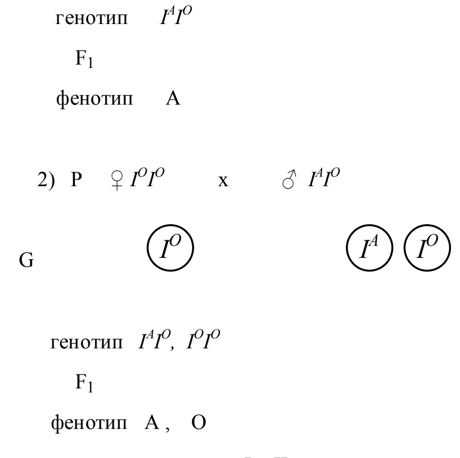
I^OI^O – генотип первого ребенка.

I^AI^A или I^AI^O – генотип второго ребенка.

Определяем вероятные группы крови у детей первой пары родителей:

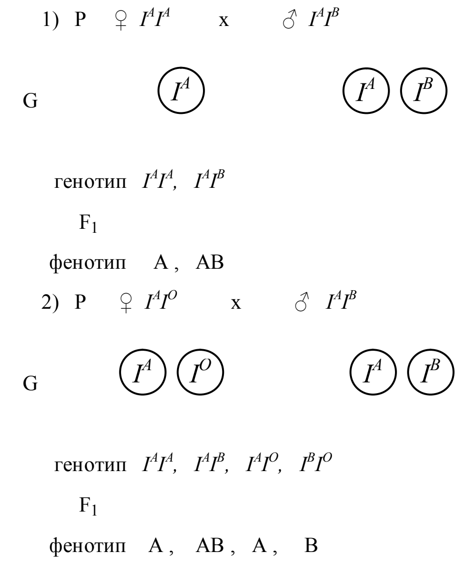
1) P ♀ I^OI^O x ♂ I^AI^A

G I^A I^O



Дети данных родителей могут иметь I и II группы крови.

Определяем вероятные группы крови у второй пары родителей:



У детей данной семьи возможны A, B и AB группы крови.

Таким образом, ребенок с I группой крови – сын первой пары родителей, со II – сын второй пары родителей.

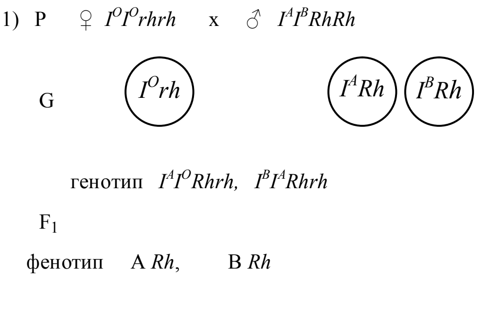
1.136. Какие группы крови может иметь ребенок, если у отца она четвертой группы, резус положительная, у матери – первой группы, резус отрицательная?

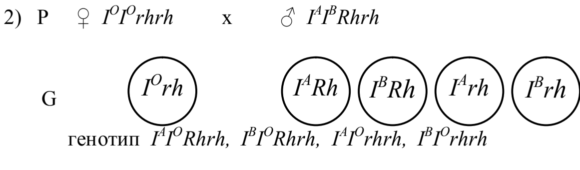
Решение.

Признак	Ген	Генотип
I группа крови (O)	I^O	I^OI^O
II группа (A)	I^A	I^AI^A, I^AI^O
III группа (B)	I^B	I^BI^B, I^BI^O
IV группа (AB)	I^A, I^B	I^AI^B
Резус-положительность	*Rh*	*RhRh, Rhrh*
Резус-отрицательность	*rh*	*rhrh*

I^AI^BRhRh или I^AI^BRhrh – генотип отца, I^OI^Orhrh – генотип матери.

Определяем генотипы детей при разных сочетаниях вступивших в брак родителей:





F_1

фенотип A *Rh,* B *Rh,* A *rh,* B *rh*

Таким образом, дети могут иметь группы крови A и B, резус-фактор как положительный так и отрицательный.

1.137. У родителей, имеющих третью и первую группы крови, родился ребенок с первой группой крови. Какова вероятность того, что их следующий ребенок будет иметь первую группу крови?

1.138. Одна пара супругов имеет II и III группы крови, вторая – III и IV. У ребенка I группа. Определите, чей это ребенок.

1.139. У родителей II и III группы крови. Какие группы крови можно ожидать у детей?

1.140. У мальчика группа крови АВ, резус положительный, а у его брата – О, резус отрицательный. Каковы группы крови у родителей?

1.141. Мать со II группой крови имеет ребенка с I группой крови. Установите возможные группы крови отца.

1.142. У матери I группа крови, у отца IV. Могут ли дети унаследовать группу крови одного из своих родителей?

1.143. У мальчика I группа крови, а у его сестры IV. Определите группы крови родителей.

1.144. В семье, где жена имеет I группу крови, а муж – IV, родился сын дальтоник с III группой крови. Оба родителя различают цвета нормально.

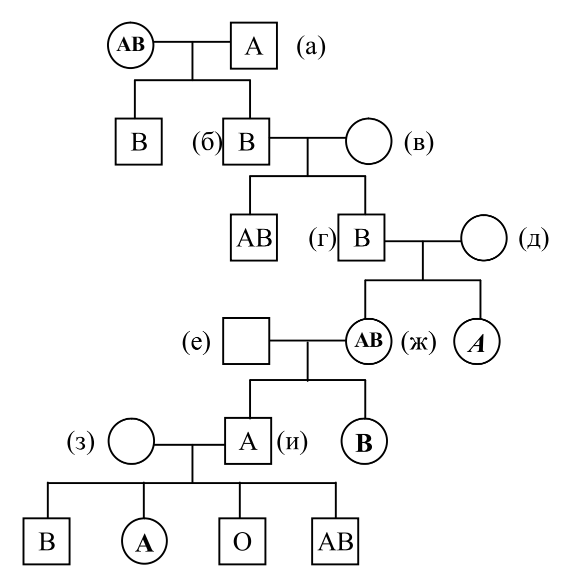
Определите вероятность рождения здорового сына и его возможные группы крови. Дальтонизм наследуется как рецессивный, сцепленный с *X*-хромосомой признак.

1.145. У родителей со II группой крови родился сын с I группой крови и гемофилик. Оба родителя не страдают этой болезнью.

Определите вероятность рождения второго ребенка здоровым и его возможные группы крови. Гемофилия наследуется как рецессивный, сцепленный с *X*-хромосомой признак.

1.146. Женщина с группой крови В возбудила дело о взыскании алиментов против мистера М с группой крови О, утверждая, что он отец ее ребенка. Ребенок имеет группу крови О. Какое решение должен вынести суд?

1.147. Ниже приведена родословная по группам крови для нескольких поколений людей. Кружками обозначены женщины, квадратиками – мужчины. Браки показаны горизонтальными линиями, связывающими двух индивидуумов, а связи между родителями и детьми – вертикальными линиями, отходящими от линии, обозначающей брак. Например, **б** и **в** – супружеская пара, а **г** – их сын (один из двух). Укажите возможный генотип (генотипы) каждого индивидуума, обозначенного здесь строчной



буквой в скобках.

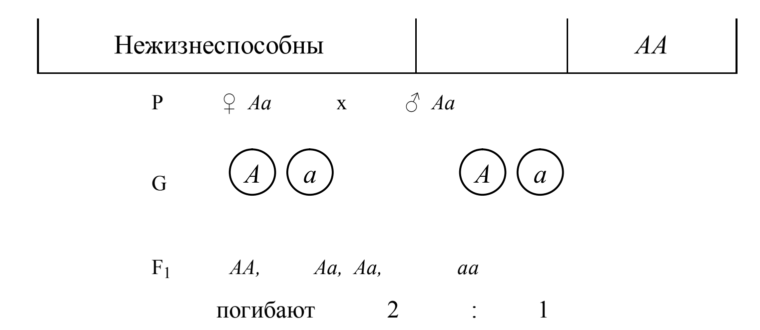
1.8. Плейотропное действие гена.

1.148. У мышей ген доминантной желтой пигментации шерсти *A* обладает гомозиготным летальным действием (генотип *AA* приводит к гибели эмбриона). Его аллель *a* детерминирует рецессивную черную пигментацию и обеспечивает жизнеспособность мышей.

Скрещены две желтые особи. Какое расщепление по окраске шерсти ожидается в F_1?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Желтая шерсть	*A*	*Aa*
Черная шерсть	*a*	*aa*



1.149. Генетик, занимающийся изучением различных генов, определяющих окраску шерсти у мышей, пытался вывести чистые линии мышей каждой из возможных окрасок. В процессе работы он скрещивал между собой желтых мышей на протяжении нескольких поколений и всякий раз обнаруживал в потомстве какую-то долю особей иной окраски.

а) Какие выводы можно из этого сделать относительно генотипа желтых мышей?

б) Скрещивания в нескольких поколениях дали в общей сложности 184 особи с желтой шерстью и 95 особей иной окраски; что можно сказать о природе гена желтой окраски на основании этих результатов?

в) Почему ни разу не удалось получить гомозиготную желтую мышь?

г) Что случилось с гомозиготным желтым потомством? Как можно это доказать?

1.150. Если среди представителей какого-либо вида млекопитающих есть особи, несущие сцепленный с полом летальный ген, вызывающий гибель и рассасывание зародыша на ранних стадиях развития, то какого отношения полов следует ожидать среди потомков нормального самца и самки, несущей этот ген?

1.151. Серповидноклеточная анемия у аборигенов Африки обусловлена доминантным геном *S*, который в гомозиготном состоянии вызывает гибель особей от анемии. Люди с генотипом *ss* в местных условиях гибнут от малярии, но не страдают малокровием. Гетерозиготы *Ss* выживают, так как не страдают малокровием и не болеют малярией. Какова доля жизнеспособного потомства у гетерозиготных родителей; у гетерозиготной матери и здорового отца?

1.152. Укажите, при каких условиях получаются следующие фенотипические отношения:

а) 3 : 1

б) 1 : 2 : 1

в) 9 : 3 : 3 : 1

г) 9 : 7

д) 1 : 4 : 6 : 4 : 1

е) 2:1

1.153. У человека имеется летальный ген, обусловливающий в гетерозиготном состоянии брахидактилию, т.е. укорочение средней фаланги пальцев. У гомозигот этот ген является причиной аномального развития скелета. Дети, гомозиготные по этому гену, рождаются без пальцев и с другими нарушениями в развитии скелета, приводящими к смерти в раннем возрасте.

а) Какова вероятность того, что, у двух страдающих брахидактилией супругов, родится нормальный ребенок?

б) Какого соотношения фенотипов следует ожидать у потомков от брака нормальной женщины и страдающего брахидактилией мужчины?

2. ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА. АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ

Генеалогический метод (метод анализа родословных) предложен в 1883 году Ф. Гальтоном.

Основные символы для составления родословных представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Символы для составления родословных

Обозначения	Значения
	Женщина
	Мужчина
	Пробанд
	Брак
	Близкородственный брак
	Дети (сибсы)
	Монозиготные близнецы
	Дизиготные близнецы
	Носители анализируемого признака, в т.ч. и больные
	Гетерозиготы по изучаемому признаку

Пробанд – человек, с которого начинается исследование определенной семьи; **сибсы** – потомки одних и тех же родителей (братья и сестры).

При построении родословных необходимо соблюдать следующие правила:

а) необходимо выяснить по собранному материалу число поколений;

б) построение родословной начинается с пробанда;

в) каждое поколение нумеруется римскими цифрами слева;

г) символы, обозначающие особей одного поколения, располагаются на горизонтальной линии и могут нумероваться арабскими цифрами.

Первоначально ученых интересовал в основном **характер наследования** таких признаков человека, как интеллект, специфическая одаренность, в ряде случаев – даже социальное положение. Один из самых удобных способов выяснения истории рода и изучения наследственности человека – **составление родословных**.

Примером составления родословной по историческим сведениям является родословная семьи Пушкиных (рис 2.1). Данная родословная составлена с использованием сведений, взятых из монографии Веселовского С.Б. «Род и предки А.С. Пушкина в истории» (1990 г.).

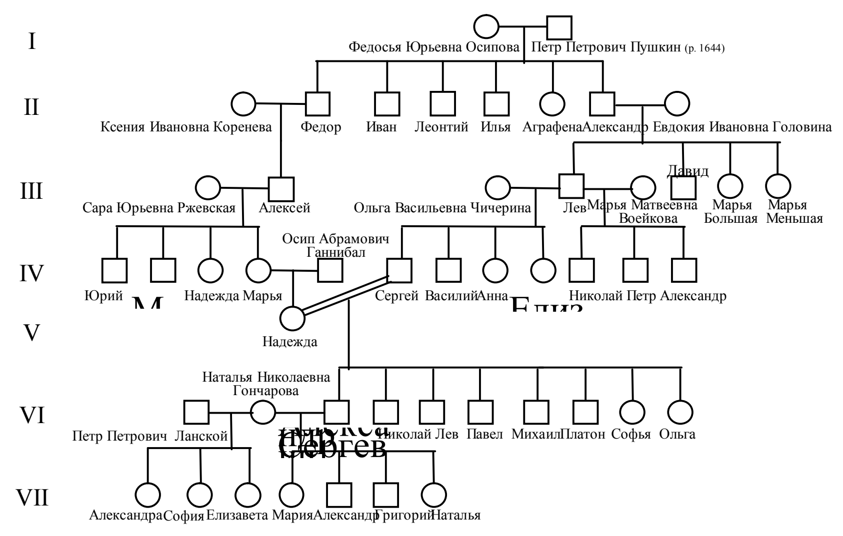


Рис 2.1. Родословная семьи Пушкиных.

Примечание: Пушкины принадлежали к старинному дворянскому роду, предки которого упоминаются с 13 века и который был тесно связан с историей становления Русского государства. По линии бабушки Марии Алексеевны вторая родословная ветвь будущего поэта – Ржевские – восходила к еще более древним временам Киевской Руси. Третьей ветвью, вплетавшейся в родословную Пушкиных, были Ганнибалы – Абрам Петрович, сын эфиопского князя и крестник Петра I, и его сын Осип Абрамович, отец Надежды Осиповны. Пушкина Надежда Осиповна, мать поэта имела восемь детей (Павел, Михаил, Софья умерли младенцами; Николай и Платон умерли в детском возрасте). Интересно отметить, что Василий Львович, дядя Александра Сергеевича Пушкина, был также русским поэтом, а Наталья Николаевна Гончарова и сам Александр Сергеевич имели в десятом колене общего прямого предка – Ивана Гавриловича Пушкина.

Широкое распространение в генетических исследованиях человека получило изучение характера наследования некоторых **типичных** (цвет глаз) и **оригинальных морфологических признаков**. Известна, например, родословная династии Габсбургов, где у многих членов императорского дома прослежено на протяжении шести столетий наличие узкой выступающей вперед нижней челюсти и отвислой нижней губы.

Существуют следующие **типы наследования** морфологических признаков:

аутосомно-доминантный;

аутосомно-рецессивный;

сцепленный с *X*-хромосомой (с полом) **доминантный;**

сцепленный *с X*-хромосомой (с полом) **рецессивный;**

голандрический.

В настоящее время генеалогический метод широко используется в практике медико-генетического консультирования. С его помощью устанавливается, главным образом,

тип наследования заболевания и определяется, если это возможно, примерный генотип особей, особенно **пробанда**, а также его близких родственников, и, самое главное, рассчитывается вероятность проявления болезни в потомстве пробанда.

Для заболеваний характерны те же типы наследования что и для морфологических признаков:

Аутосомно-доминантный тип наследования:

1. Больные встречаются в каждом поколении.
2. Болеют в равной степени и мужчины, и женщины
3. Больной ребенок рождается у больных родителей с вероятностью 100%, если они гомозиготны, 75%, если они гетерозиготны.
4. Вероятность рождения больного ребенка у здоровых родителей 0%.

Аутосомно-рецессивный тип наследования:

1. Больные встречаются не в каждом поколении.
2. Болеют в равной степени и мужчины, и женщины
3. Вероятность рождения больного ребенка у здоровых родителей 25%, если они гетерозиготны, 0%, если они оба , или один из них, гомозиготны по доминантному гену.
4. Часто проявляется при близкородственных браках.

Сцепленный с *X*-хромосомой (с полом) **доминантный тип наследования:**

1. Больные встречаются в каждом поколении.
2. Болеют в большей степени женщины
3. Если отец болен, то все его дочери больны.
4. Больной ребенок рождается у больных родителей с вероятностью100%, если мать гомозиготна, 75%, если мать гетерозиготна.
5. Вероятность рождения больного ребенка у здоровых родителей 0%.

Сцепленный с *X*-хромосомой (с полом) **рецессивный тип наследования:**

1. Больные встречаются не в каждом поколении.
2. Болеют, в основном, мужчины.
3. Вероятность рождения больного мальчика у здоровых родителей 25%, больной девочки – 0%.

Голандрический тип наследования:

1. Больные встречаются в каждом поколении.
2. Болеют только мужчины.
3. Если отец болен, то все его сыновья больны.
4. Вероятность рождения больного мальчика у больного отца равна 100%.

В разделе приводятся задачи на анализ уже составленных родословных и составление родословных по предложенным исходным данным с установлением характера наследования признака и вероятности проявления его у потомков; предлагается составить собственные родословные учащимся.

Для составления родословных предлагается использовать данные таблицы 2.2.

Таблица 2.2. Доминантные и рецессивные признаки человека

Признаки	Доминантные	Рецессивные
Глаза	Большие	Маленькие

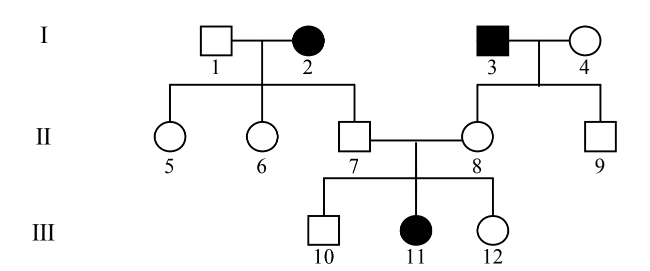
Цвет глаз	Карие	Голубые
Разрез глаз	Прямой	Косой
Тип глаз	Монголоидный	Европеоидный
Острота зрения	Близорукость	Нормальное
Верхнее веко	Нависающее (эпикант)	Нормальное
Ямочки на щеках	Есть	Нет
Уши	Широкие	Узкие
	Длинные	Короткие
Подбородок	Прямой	Отступающий назад
	Широкий	Узкий и острый
Выступающие зубы и челюсти	Имеются	Отсутствуют
Щель между резцами	Есть	Нет
Волосы	С мелкими завитками	Вьющиеся, волнистые
	Жесткие, прямые, «ежик»	Прямые, мягкие
	Вьющиеся	Волнистые или прямые
Поседение волос	В возрасте 25 лет	После 40 лет
Облысение	У мужчин	У женщин
Белая прядь волос над лбом	Имеется	Отсутствует
Рост волос по средней линии лба	Есть	Нет
Мохнатые брови	Есть	Нет
Нижняя губа	Толстая и отвисающая	Нормальная

Продолжение таблицы 2.2.

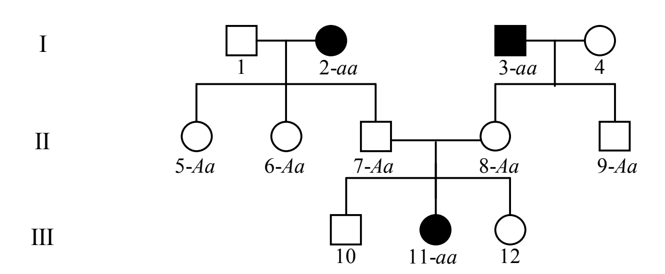
Признаки	Доминантные	Рецессивные
Способность загибать язык назад	Есть	Нет
Способность свертывать язык трубочкой	Есть	Нет
Зубы при рождении	Имеются	Отсутствуют
Кожа	Толстая	Тонкая
Цвет кожи	Смуглый	Белый
Веснушки	Есть	Нет
Кисть	С 6 или с 7 пальцами	С 5 пальцами
Преобладающая рука	Правая	Левая
Узоры на коже пальцев	Эллиптические	Циркулярные
Антигены системы АВО	А, В	О
Голос (у женщин)	Сопрано	Альт
Голос (у мужчины)	Бас	Тенор
Абсолютный музыкальный слух	Имеется	Отсутствует
Наследственная глухота	Отсутствует	Имеется

З А Д А Ч И

2.1. Рассмотрите приведенную ниже родословную. Определите характер наследования голубоглазости и, по возможности, укажите генотип родителей и потомства.

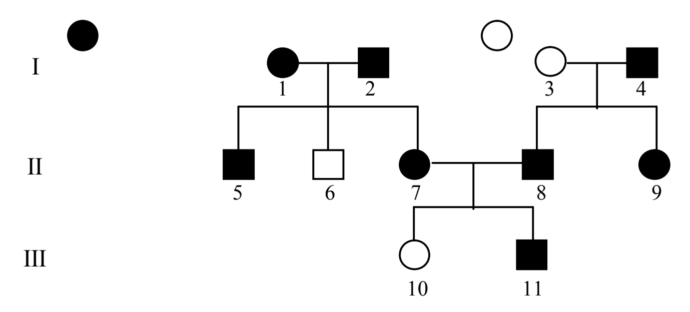


Решение. На изображенной здесь родословной девочка (11) – голубоглазая , тогда как ее сестра (12) и брат (10), а также мать (8) и отец (7) – все кареглазые. Две ее тетки (5 и 6), один дядя (9), дедушка по отцовской линии (1) и бабушка по материнской линии (4) также кареглазые, но бабушка по отцовской линии (2) и дедушка по материнской линии (3) – голубоглазые.



Характер наследования признака – рецессивный, т.к. признак встречается не в каждом поколении и у кареглазых родителей (7 и 8) рождается голубоглазая девочка. Обозначив ген голубоглазости через *a*, а ген кареглазости – через *A*, можем записать генотип бабушки (2) и дедушки (3),двух теток (5, 6) и дяди (9), отца (7) и матери (8) и их дочери (11). Генотип остальных членов семьи точно установить не возможно.

2.2. Родословная семей по способности ощущать вкус фенилтиомочевины: –

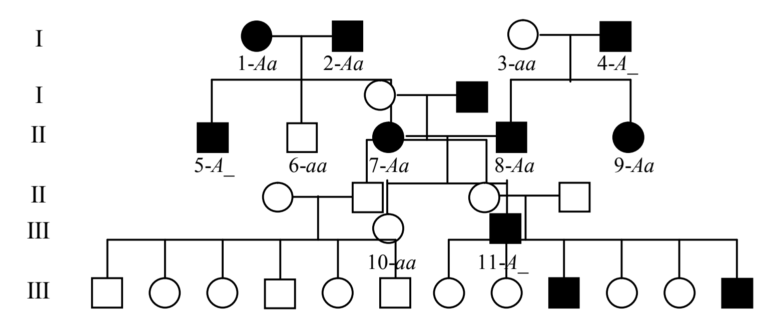


ощущает как горький, – не ощущает.

Определите наследование признака и генотипы членов родословной.

Решение. В данной родословной способность ощущать вкус фенилтиомочевины наблюдается в каждом поколении и у родителей 1 и 2, 7 и 8 в потомстве родились дети с иным фенотипом. Это признаки аутосомно-доминантного наследования.

Генотипы членов родословной:



2.3. Приводится родословная семьи, страдающей заболеванием. Установите характер наследования заболевания.

– заболевание, – норма

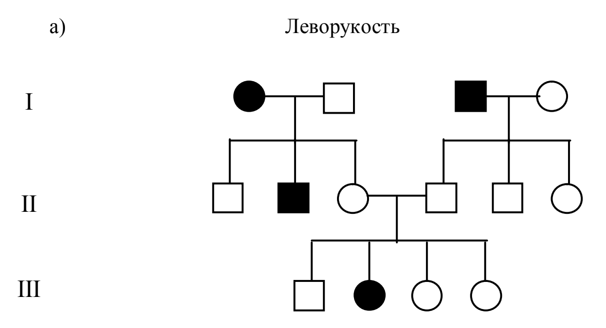
Решение. Из приведенной родословной видно, что болеют только мужчины. Отсюда можно предположить, что заболевание сцеплено с полом. Больные дети появились у здоровых родителей, следовательно, ген анализируемой болезни рецессивный. В то же время, от брака больного мужчины со здоровой женщиной дети независимо от пола оказываются здоровыми. Это возможно в том случае, когда рецессивный ген аномалии сцеплен с *X*-хромосомой. У мужчин *X*-хромосома только одна и рецессивный ген болезни не может быть подавлен, у женщин же *X*-хромосомы две. Поэтому, если женщина унаследует от отца эту *X*-хромосому с геном болезни, то доминантный ген нормы другой *X*-хромосомы, полученной от матери, подавит ген аномалии.

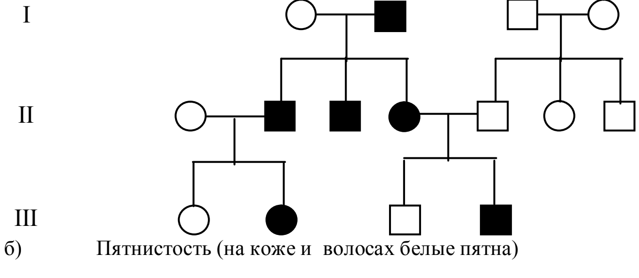
Больные встречаются не в каждом поколении. Это также один из признаков сцепленного с полом рецессивного наследования.

Таким образом, тип наследования – сцепленный с полом, рецессивный.

2.4. Рассмотрите приведенные ниже родословные и определите характер наследования указанных там признаков:

а) Леворукость



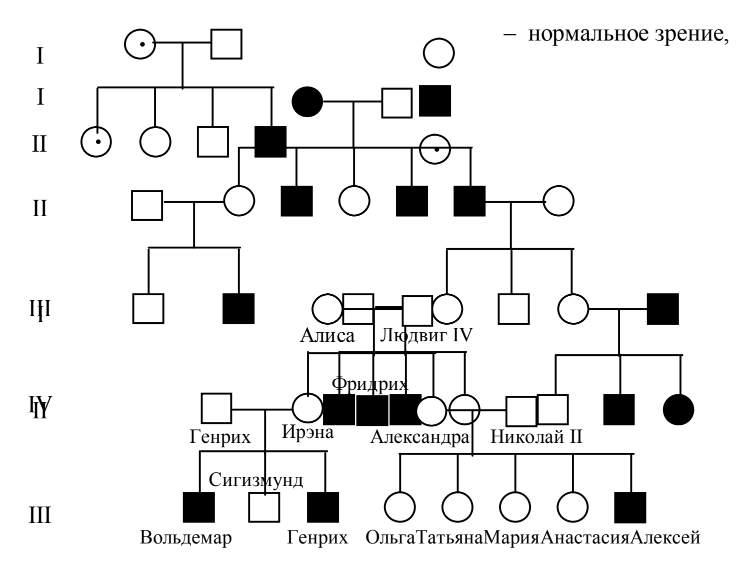


б) Пятнистость (на коже и волосах белые пятна)

в) Атрофия зрительного нерва

2.5. Ниже приведена часть родословной королевы Виктории (Алиса Гессенская – ее дочь). Это пример классического наследования гемофилии. Укажите носителей гемофилии для каждого поколения и их генотипы.

2.6. На схеме показано наследование дальтонизма у человека. Определите генотипы родителей и потомков. Рассчитайте вероятность (в %) рождения в этой семье еще одного дальтоника.



– дальтонизм,

– носитель дальтонизма.

2.7. Молодожены нормально владеют правой рукой. В семье женщины-пробанда было еще две сестры, нормально владеющие правой рукой, и три брата – левши. Мать

женщины – правша, отец – левша. Бабки и деды со стороны матери и отца мужа нормально владели правой рукой.

Составьте родословную семьи. Определите вероятность рождения в этой семье детей, владеющих левой рукой.

2.8. Пробант – нормальная женщина – имеет пять сестер, две из которых однояйцевые близнецы, две – двуяйцевые близнецы. Все сестры имеют шесть пальцев на руке. Мать пробанда нормальна, отец – шестипалый. Со стороны матери все предки нормальны. У отца два брата и четыре сестры – все пятипалые. Бабка по линии отца шестипалая. У нее было две шестипалые сестры и одна пятипалая. Дед по линии отца и все его родственники пятипалые.

Составьте родословную семьи. Определите вероятность рождения в семье пробанда шестипалых детей при условии, если она выйдет замуж за нормального мужчину.

2.9. Составьте родословную своей семьи, использовав отдельные наследственные признаки из следующего перечня:

рыжие волосы (признак обусловлен рецессивным геном);

цвет глаз (карий цвет доминирует над голубым);

близорукость (доминантный признак);

свободные ушные мочки (этот признак доминирует над приросшими ушными мочками);

леворукость (рецессивный признак);

группа крови (АВО);

наличие резус-фактора (резус-положительная кровь определяется доминантным геном);

2.10. Используя данные табл. 2.1. и табл. 2.2., составьте родословную своей семьи.

3. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА. ЗАКОН ХАРДИ-ВАЙНБЕРГА

Популяция – это совокупность особей одного вида, длительно занимающих определенный ареал, свободно скрещивающихся между собой и относительно изолированных от других особей вида.

Основная закономерность, позволяющая исследовать **генетическую структуру** больших **популяций**, была установлена в 1908 году независимо друг от друга английским математиком Г. Харди и немецким врачом В. Вайнбергом.

Закон Харди-Вайнберга: *в идеальной популяции соотношение частот генов и генотипов — величина постоянная из поколения в поколение*.

Признаки **идеальной популяции**: **численность популяции** велика, существует **панмиксия** (нет ограничений к свободному выбору партнера), **отсутствуют мутации** по данному признаку, не действует **естественный отбор**, отсутствуют **приток** и **отток генов**.

Первое положение закона Харди-Вайнберга гласит: **сумма частот аллелей** одного гена в данной популяции **равна единице**. Это записывается следующим образом:

$$\boldsymbol{p + q = 1},$$

где p – частота доминантного аллеля *А, q* - частота рецессивного аллеля *а*. Обе величины обычно принято выражать в долях единицы, реже – в процентах (тогда $p + q = 100$ %).

Второе положение закона Харди-Вайнберга: **сумма частот генотипов** по одному гену в данной популяции **равна единице**. Формула для вычисления частот генотипов имеет следующий вид:

$$\boldsymbol{p^2 + 2pq + q^2 = 1},$$

где p^2 – частота гомозиготных особей по доминантному аллелю (генотип *AA*), $2pq$ – частота гетерозигот (генотип *Aa*), q^2 – частота гомозиготных особей по рецессивному аллелю (генотип *aa*).

Вывод этой формулы: в **равновесной популяции** женские и мужские особи имеют одинаковые частоты как аллеля А (p), так и аллеля а (q). В результате скрещивания женских гамет ♀($p + q$) с мужскими ♂($p + q$) и определяются частоты генотипов: $(p + q)(p + q) = p^2 + 2pq + q^2$.

Третье положение закона: в равновесной популяции **частоты аллелей** и **частоты генотипов сохраняются в ряде поколений**.

З А Д А Ч И

3.1. В популяции, подчиняющейся закону Харди-Вайнберга, частоты аллелей *A* и *a* соответственно равны 0,8 и 0,2. Определите частоты гомозигот и гетерозигот по этим генам в первой генерации.

Решение. Частоты генотипов вычисляются по уравнению Харди-Вайнберга:
$p^2 + 2pq + q^2 = 1$,

где p – частота доминантного гена, и q – частота рецессивного гена.

В данной задаче частота аллеля *A* равна 0,8, а частота аллеля *a* равна 0,2. Подставив эти числовые значения в уравнение Харди-Вайнберга, получим следующее выражение:

$0{,}8^2 + 2 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}2 + 0{,}2^2 = 1$ или $0{,}64 + 0{,}32 + 0{,}04 = 1$

Из уравнения следует, что 0,64 – частота доминантного гомозиготного генотипа (*AA*), а 0,04 – частота рецессивного гомозиготного генотипа (*aa*). 0,32 – частота гетерозиготного генотипа (*Aa*).

3.2. В популяции лисиц на 1000 рыжих встречаются 10 белых особей. Определите процентное соотношение рыжих гомозиготных, рыжих гетерозиготных и белых лисиц в данной популяции.

Решение.
По уравнению:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,\ q^2 = \frac{10}{1000} = \frac{1}{100} = 0{,}01 = 1\%.$$

Таким образом, рыжих гомозиготных лисиц в популяции 81%, рыжих гетерозиготных – 18%, белых лисиц – 1%.

3.3. Аллель кареглазости доминирует над голубоглазостью. В популяции оба аллеля встречаются с равной вероятностью.

Отец и мать кареглазые. С какой вероятностью следует ожидать, что родившийся у них ребенок будет голубоглазым?

Решение. Если в популяции оба аллеля встречаются одинаково часто, то в ней 1/4 доминантных гомозигот, 1/2 гетерозигот (и те и другие кареглазые) и 1/4 рецессивных гомозигот (голубоглазые). Таким образом, если человек кареглазый, то два против одного, что это гетерозигота. Итак, вероятность оказаться гетерозиготой 2/3. Вероятность передать потомству аллель голубоглазости равна 0, если организм гомозиготен, и 1/2, если он гетерозиготен. Полная вероятность того, что данный кареглазый родитель передаст потомству аллель голубых глаз, равна 2/3х1/2, т.е. 1/3. Чтобы ребенок был голубоглазым, он должен получить от каждого из родителей по аллелю голубых глаз. Это произойдет с вероятностью 1/3х1/3=1/9.

3.4. Кистозный фиброз поджелудочной железы поражает индивидуумов с рецессивным гомозиготным фенотипом и встречается среди населения с частотой 1 на 2000. Вычислите частоту носителей.

Решение. Носители являются гетерозиготами. Частоты генотипов вычисляются по уравнению Харди-Вайнберга:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

где p^2 – частота доминантного гомозиготного генотипа, $2pq$ – частота гетерозиготного генотипа и q^2 – частота рецессивного гомозиготного генотипа.

Кистозный фиброз поджелудочной железы поражает индивидуумов с рецессивным гомозиготным фенотипом; следовательно, q^2 = 1 на 2000, или 1/2000 = 0,0005. Отсюда $q = \sqrt{0{,}0005} = 0{,}0224$.

Поскольку, $p + q = 1$, $p = 1 - q = 1 - 0{,}0224 = 0{,}9776$.

Таким образом, частота гетерозиготного фенотипа ($2pq$) = 2 · (0,9776) · (0,0224) = 0,044 = 1 на 23 ≈ 5%, т.е. носители рецессивного гена кистозного фиброза поджелудочной железы составляют около 5% от популяции.

3.5. При обследовании населения города N (100000 человек) обнаружено 5 альбиносов. Установить частоту встречаемости гетерозиготных носителей гена альбинизма.

Решение. Так как альбиносы являются рецессивными гомозиготами (*aa*), то, согласно закону Харди-Вайнберга: $q^2 = \frac{5}{100000} = \frac{1}{20000}$; частота рецессивного гена $q = \sqrt{\frac{1}{20000}} \approx \frac{1}{141}$, $p + q = 1$, отсюда, $p = 1 - q$; $p = 1 - \frac{1}{141} = \frac{140}{141}$. Частота гетерозигот составляет $2pq$. $2pq = 2 \cdot \frac{140}{141} \cdot \frac{1}{141} = \frac{280}{19881} \approx \frac{1}{70}$.

Следовательно, каждый 70-й житель города N является гетерозиготным носителем гена альбинизма.

3.6. В популяции из 5000 человек 64% способны свертывать язык трубочкой (доминантный ген *R*), а 36% такой способностью не обладают (рецессивный ген *r*). Вычислите частоты встречаемости генов *R* и *r* и генотипов *RR*, *Rr* и *rr* в популяции.

Решение. Частота встречаемости лиц с генотипами *RR* и *Rr* равна 0,64, а гомозигот *rr* (q^2) = 0,36. Исходя из этого, частота гена *r* равна $0{,}6(\sqrt{0{,}36})$. А поскольку $p + q = 1$, то $p = 1 - q = 0{,}4$, т.е. частота аллеля *R(p)* составляет 0,4. Если $p = 0{,}4$, то $p^2 = 0{,}16$. Значит, частота встречаемости лиц с генотипом *RR* составляет 16%.

Итак, частоты встречаемости генов *R* и *r* 0,4 и 0,6. Частоты генотипов *RR*, *Rr* и *rr* составляют, соответственно, 0,16, 0,48 и 0,36.

3.7. В популяции встречаются три генотипа по гену альбинизма *a* в соотношении: 9/16 *AA*, 6/16 *Aa* и 1/16 *aa*. Находится ли данная популяция в состоянии генетического равновесия?

Решение. Известно, что популяция состоит из 9/16 *AA*, 6/16 *Aa* и 1/16 *aa* генотипов. Соответствует ли такое соотношение равновесию в популяции, выражаемому формулой Харди-Вайнберга?

После преобразования чисел становится ясным, что популяция по заданному признаку находится в состоянии равновесия: $(3/4)^2$ *AA* : 2 · 3/4 · 1/4 *Aa* : $(1/4)^2$ *aa*. Отсюда

$$p = \sqrt{9/16} = 0{,}75;\ q = \sqrt{1/16} = 0{,}25.$$

3.8. Сахарный диабет встречается среди населения с частотой 1 на 200. Вычислите частоту гетерозигот-носителей.

3.9. Серповидноклеточная анемия встречается в популяции людей с частотой 1 : 700. Вычислите частоту гетерозигот.

3.10. Доля особей *aa* в большой популяции равна 0,49. Какая часть популяции гетерозиготна по гену *A*?

3.11. В популяции дрозофилы частота аллеля *b* (черная окраска тела) равна 0,1. Установите частоту серых и черных мух в популяции и количество гомозиготных и гетерозиготных особей.

3.12. Соответствует ли формуле Харди-Вайнберга следующее соотношение гомозигот и гетерозигот в популяции: 4096 *AA* : 4608 *Aa* : 1296 *aa*?

3.13. В одной популяции 70% людей способны ощущать горький вкус фенилтиомочевины (ФТМ), а 30% не различают ее вкуса. Способность ощущать вкус ФТМ детерминируется доминантным геном *T*. Определите частоту аллелей *T* и *t* и генотипов *TT*, *Tt* и *tt* в данной популяции.

3.14. Доля особей *AA* в большой панмиктической популяции равна 0,09. Какая часть популяции гетерозиготна по гену *A*?

3.15. Альбинизм у ржи наследуется как аутосомный рецессивный признак. На обследованном участке 84000 растений. Среди них обнаружено 210 альбиносов.

Определите частоту гена альбинизма у ржи.

3.16.* У крупного рогатого скота породы шортгорн красная масть неполностью доминирует над белой. Гибриды от скрещивания красных с белыми имеют чалую масть. В районе, специализирующемся на разведении шортгорнов, зарегистрировано 4169 красных животных, 3780 чалых и 756 белых.

Определите частоту генов красной и белой окраски скота в данном районе.

3.17.* На пустынный островок случайно попало одно зерно пшеницы, гетерозиготной по некоторому гену *A*. Оно взошло и дало начало серии поколений, размножавшихся путем самоопыления. Какими будут доли гетерозиготных растений среди представителей второго, третьего, четвертого, …, n-го поколений, если, контролируемый рассматриваемым геном признак, в данных условиях никак не сказывается на выживаемости растений и способности их производить потомство?

3.18.* Снайдер исследовал 3643 человека на способность ощущать вкус фенилтиомочевины и нашел, что 70,2% из них являются «ощущающими», а 29,8% – «не ощущающими», этот вкус.

а) Какова доля «не ощущающих» детей в браках «ощущающих» с «ощущающими»?

б) Какова доля «не ощущающих» вкус фенилтиомочевины детей в браках «ощущающих» с «не ощущающими» этот вкус?

4. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА

Молекулярная генетика исследует процессы, связанные с наследственностью на молекулярном уровне. Единицей генетической или наследственной информации является ген. **Ген** – это участок молекулы **дезоксирибонуклеиновой кислоты** (**ДНК**), несущей информацию об одной **полипептидной цепи** (**одном белке**).

Особенности того или иного организма определяются специфичностью его белков. Именно они влияют на обмен веществ,

жизнедеятельность и отдельные функции организма, такие, как развитие, восприятие внешних сигналов, движение и т.п. С молекулярной точки зрения белки реализуют все разнообразие генетической информации, именно они и наследуются. Белки состоят из **аминокислот**, которые соединены между собой **пептидной связью**. В **состав белков** входит **20 различных аминокислот**. Информация о структуре каждого белка записана и хранится в молекуле ДНК.

Молекула ДНК – полимер, состоящий из двух цепочек **нуклеотидов**. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, моносахарида дезоксиорибозы и остатка фосфорной кислоты. Азотистыые основания в ДНК бывают четырех типов: **аденин** (**А**), **тимин** (**Т**), **гуанин** (**Г**) и **цитозин** (**Ц**). Вдоль нити ДНК азотистые основания прочно связаны между собой через моносахарид и остаток фосфорной кислоты, между цепочками – через водородные связи. В целом структура ДНК напоминает лестницу.

Вся «лестница» ДНК закручена в спираль. Между двумя цепочками азотистые основания располагаются закономерно: аденин всегда против тимина, гуанин – против цитозина. Иными словами, аденин **комплементарен** тимину, гуанин – цитозину.

Молекулы ДНК обладают способностью к удвоению (**репликации**). В основе процесса удвоения лежит **принцип комплементарности**.

Количественное соотношение нуклеотидов в молекуле ДНК известны в виде **правил Чаргаффа**:

1. ΣА = ΣТ или ΣА / ΣТ = 1
2. ΣГ = ΣЦ или ΣГ / ΣЦ = 1
3. Σ(А + Г) = Σ(Т + Ц) или Σ(А + Г) / Σ(Т + Ц) = 1
4. Количество комплементарных оснований А + Т и Г + Ц у разных видов живых организмов различно. Отношение Σ(А + Т) / Σ(Г + Ц) является важнейшей характеристикой ДНК, как показатель специфичности ее нуклеотидного состава.

Коэффициент специфичности у **ДНК** варьирует от 0,45 до 2,57 у микроорганизмов, от 0,58 до 0,94 у высших растений и от 0,54 до 0,81 у животных.

Информация о расположении аминокислот в молекуле белка записана и хранится в ДНК в виде определенной последовательности нуклеотидов. Расшифровка кода осуществляется с помощью **рибонуклеиновых кислот** (**РНК**). Процесс расшифровки начинается с синтеза **информационной РНК** (**и-РНК**). Информационная РНК – полимер, состоящий из одной цепочки нуклеотидов. В состав нуклеотидов также входят азотистые основания, моносахарид рибоза и остаток фосфорной кислоты. Азотистых оснований в РНК также четыре: аденин, **урацил** (**У**), гуанин, цитозин.

Информационная РНК по принципу комплементарности снимает информацию с ДНК. Этот процесс называется **транскрипцией** (рис 4.1.).

ДНК Т – Г – Г – Т – А – Т
А – Ц – Ц – А – Т –А

и-РНК У – Г – Г – У – А – У

Рис. 4.1. Схема строения ДНК и транскрипции и-РНК.

Следующий этап расшифровки кода происходит в **рибосомах**, где осуществляется синтез полипептидной цепи белков по матрице и-РНК. Этот процесс называется **трансляцией**. В этом процессе участвуют **транспортные РНК** (**т-РНК**), функция которых состоит в том, чтобы доставить аминокислоты к рибосомам и найти им свое место в полипептидной цепи, предусмотренное кодом.

Генетический код в настоящее время расшифрован для всех 20 аминокислот и составлен по и-РНК в виде таблицы 4.1.

Генетический код триплетен, т.е. каждую аминокислоту кодируют три рядом стоящие нуклеотида (**кодон**). Триплеты УАА, УАГ и УГА являются **стоп-кодонами**.

Генетический **код вырожден**, т.е. каждая аминокислота шифруется более чем одним кодоном.

В данной части пособия рассматриваются задачи на выяснение состава нуклеиновых кислот, на знание принципа комплементарности при репликации ДНК и транскрипции и-РНК, на расшифровку структуры белка по известным данным о строении ДНК и обратный анализ с помощью таблицы кодирования аминокислот (табл. 4.1.). При решении задач по молекулярной генетике необходимо помнить, что в таблице 4.1. приведены кодоны для и-РНК.

Таблица 4.1. Соответствие кодонов и-РНК аминокислотам

Основания кодонов					
первое	второе	третье			
		У	Ц	А	Г
У	У	Фен	Фен	Лей	Лей
	Ц	Сер	Сер	Сер	Сер
	А	Тир	Тир	–	–
	Г	Цис	Цис	–	Три
Ц	У	Лей	Лей	Лей	Лей
	Ц	Про	Про	Про	Про
	А	Гис	Гис	Глн	Глн
	Г	Арг	Арг	Арг	Арг
А	У	Иле	Иле	Иле	Мет
	Ц	Тре	Тре	Тре	Тре
	А	Асн	Асн	Лиз	Лиз
	Г	Сер	Сер	Арг	Арг
Г	У	Вал	Вал	Вал	Вал

	Ц	Ала	Ала	Ала	Ала
	А	Асп	Асп	Глу	Глу
	Г	Гли	Гли	Гли	Гли

Примечание: Сокращенные названия аминокислот даны в соответствии с международной терминологией.

Обозначения аминокислот: Ала - аланин, Арг - аргинин, Асп - аспарагиновая кислота, Асн - аспарагин, Вал - валин, Гис - гистидин, Гли - глицин, Глн - глутамин, Глу - глутаминовая кислота, Иле - изолейцин, Лей - лейцин, Лиз - лизин, Мет - метионин, Про - пролин, Сер - серин, Тир - тирозин. Тре - треонин, Три - триптофан, Фен - фенилаланин, Цис -цистеин.

З А Д А Ч И

1.1. Репликация ДНК.

4.1. Участок одной из цепей ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ГААГЦАТАЦ... Определите последовательность нуклеотидов во второй цепи.

Решение. Согласно принципу комплементарности (А–Т, Г–Ц) последовательность нуклеотидов во второй цепи ДНК будет следующей:

первая цепочка ДНК – Г А А Г Ц А Т А Ц,

вторая цепочка ДНК – Ц Т Т Ц Г Т А Т Г.

4.2. Фрагмент одной цепи ДНК имеет следующий состав:

– А–А–А–Т–Т–Ц–Ц–Г–Г–Г– . Достройте вторую цепь.

4.3. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов: ТЦГАТТТАЦГ...

Какую последовательность нуклеотидов имеет вторая цепочка той же молекулы?

4.4. Укажите порядок нуклеотидов в цепочке ДНК, образующейся путем самокопирования цепочки: ААТЦГЦТГАТ...

4.5. Напишите последовательность нуклеотидов ДНК, дополнительно к следующей: ТАГГЦТААТАГЦ.

4.6. Участок цепи молекулы ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов: АТЦАТАГЦЦГ. Какое строение будет иметь двухцепочечный участок молекулы ДНК?

4.2. Транскрипция.

4.7. Укажите последовательность нуклеотидов участка молекулы и-РНК, которая образовалась на участке гена с последовательностью нуклеотидов: ЦТГГЦТТАГЦЦГ...

Решение. Образование информационной РНК идет по тому же механизму, что и самокопирование ДНК: к цитозину присоединяется гуанин, к гуанину – цитозин, к тимину – аденин, однако к аденину ДНК присоединяется не тимин, а урацил РНК. Таким образом, для решения задачи достаточно произвести замену нуклеотидов по схеме:

Ц → Г, Г → Ц, А → У, Т → А.

В результате получим:

цепочка ДНК – Ц Т Г Г Ц Т Т А Г Ц Ц Г,
молекула и-РНК – Г А Ц Ц Г А А У Ц Г Г Ц.

4.8. Одна из цепей ДНК с последовательностью нуклеотидов АТТГЦТЦАА используется в качестве матрицы для синтеза и-РНК. Какую последовательность нуклеотидов будет иметь и-РНК?

4.9. Выпишите последовательность оснований в и-РНК, образованной на цепи ДНК с такой последовательностью: ТТЦГАГТАЦЦАТ.

4.10. Определите последовательность нуклеотидов участка молекулы и-РНК, которая образовалась на участке гена с последовательностью нуклеотидов: ЦАЦГАТЦЦТТЦТ.

4.11. Фрагмент одной из цепей ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов АААГАТЦАЦТАТТЦТГТТАЦТА. Напишите строение молекулы и-РНК, образующейся в процессе транскрипции на этом участке молекулы ДНК.

4.12. Образовавшийся участок молекулы и-РНК имеет следующий состав кодонов: ГЦГ-АЦА-УУУ-УЦГ-ЦГУ-АГУ-АГА-АУУ. Определите, какие коды ДНК будут кодировать эту и-РНК и в какой последовательности они будут располагаться.

1.3. Биосинтез белков.

4.13. Фрагмент молекулы ДНК, кодирующий часть полипептида, имеет следующее строение: АТАГТЦЦААГГА.

Определите последовательность аминокислот в полипептиде.

Решение. Известна одна цепь ДНК, с которой снимается и-РНК. Строим и-РНК по условию задачи: УАУЦАГГУУЦЦУ. Разбиваем ее на триплеты: УАУ, ЦАГ, ГУУ, ЦЦУ. По таблице генетического кода (см. табл. 4.1.) последовательно находим для каждого триплета соответствующую аминокислоту и строим участок искомого полипептида:

– тирозин – глутамин – валин – пролин –. Итак:

цепочка ДНК – АТА ГТЦ ЦАА ГГА;
триплеты и-РНК – УАУ - ЦАГ - ГУУ - ЦЦУ;

полипептид –   Тир - Глн - Вал - Про.

4.14. Часть молекулы белка имеет такую последовательность аминокислот: – аланин – тирозин – лейцин – аспарагин –. Какие т-РНК (с какими антикодонами) участвуют в синтезе этого белка?

Решение. По таблице генетического кода находим кодоны и-РНК: ГЦУ, УАУ, ЦУУ и ААУ. Антикодоны т-РНК будут комплементарны кодонам и-РНК: ЦГА, АУА, ГАА и УУА. Таким образом:

кодоны и-РНК –   ГЦУ, УАУ, ЦУУ, ААУ,
антикодоны т-РНК – ЦГА, АУА, ГАА, УУА.

4.15. Как изменится структура белка, если из участка гена АЦАТТТАААГТЦ удалить второй и 10-й слева нуклеотиды?

Решение. Первоначально строим и-РНК УГУАААУУУЦАГ, а затем, разбив ее на триплеты, строим участок искомого белка в норме: цистеин – лизин – фенилаланин – глутамин. По условию задачи из цепи ДНК удаляется второй и десятый (слева) нуклеотиды. Остается ААТТТАААТЦ. По полученному участку строим цепь и-РНК УУАААУУУАГ, вновь разбив ее на триплеты, находим строение участка белка после произошедших изменений в ДНК: лейцин – аспарагин – лейцин.

До замены: ДНК   – АЦА ТТТ   ААА   ГТЦ;
                       и-РНК – УГУ - ААА - УУУ - ЦАГ;
                       белок   – Цис - Лиз - Фен - Глн.

После замены: ДНК – АА Т ТТА   ААТ   Ц;
                         и-РНК – УУА - ААУ - УУА - Г;
                         белок – Лей - Асн - Лей.

Сравнивая строение участка белка до и после изменений в ДНК, видим, что произошла замена всех аминокислот, а длина цепи сократилась на одну аминокислоту.

4.16. Полипептид состоит из следующих аминокислот: лизин – валин – серин – глутаминовая кислота.

Определите структуру участка ДНК, кодирующего указанный полипептид.

Решение. Дана последовательность аминокислот в полипептиде. По этим сведениям нетрудно установить строение и-РНК, которая управляла синтезом данного полипептида. По таблице генетического кода находим структуру триплета для лизина (ААА), валина (ГУУ), серина (УЦУ) и глутаминовой кислоты (ГАА). Подобрав кодирующие триплеты, составляем и-РНК для данного полипептида: ААА ГУУ УЦУ ГАА. По цепочке и-РНК можно восстановить участок цепи ДНК, с которой она снималась. Урацил вставал против аденина ДНК, гуанин – против

цитозина и т.д. Следовательно, участок интересующей нас цепи ДНК будет иметь следующее строение:

ТТТЦАААГАЦТТ

Но ДНК состоит из двух цепочек. Зная строение одной цепи, по принципу комплементарности достраиваем вторую. Целиком участок двухцепочечной ДНК, кодирующий данный полипептид, будет иметь следующее строение:

Т Т Т Ц А А А Г А Ц Т Т
А А А Г Т Т Т Ц Т Г А А.

4.17. Определите аминокислотный состав полипептида, который кодируется и-РНК следующего состава: ЦЦУ – ЦЦЦ – ЦЦА – ЦЦГ.

4.18. Участок молекулы и-РНК имеет следующее строение:

АГУАГАУУЦУУУ

В каком порядке расположатся аминокислоты в соответствующем участке белка, синтезируемого на этой РНК как на матрице?

4.19. Участок гена, кодирующего белок, состоит из последовательно расположенных нуклеотидов: ААЦГАЦТАТЦАЦТАТАЦЦААЦГАА. Определите состав и последовательность аминокислот в полипептидной цепи, закодированной в этом участке гена.

4.20. Участок гена, кодирующего одну из полипептидных цепей гемоглобина состоит из кодов следующего состава: АЦЦАТТГАЦЦАТГАА. Определите состав и последовательность аминокислот в полипептидной цепи.

4.21. В систему для искусственного синтеза белка ввели т-РНК, имеющие антикодоны: ЦГА, УУА, АЦА, ЦЦА. Определите, какие аминокислоты смогут участвовать в биосинтезе белка.

4.22. Фрагмент молекулы адренокортикотропного гормона человека, вырабатываемого передней долей гипофиза, имеет структуру: – серин – тирозин – серин – метионин –. Определите перечень антикодонов в т-РНК, участвующих в биосинтезе фрагмента АКТГ.

4.23. Часть молекулы белка имеет такую последовательность аминокислот: – лизин – треонин – глицин – валин – аргинин –. Какие т-РНК (с какими антикодонами) участвуют в синтезе этого белка?

4.24. Участок гена имеет следующее строение: ЦГЦТЦАААATЦГ...
Укажите строение соответствующего участка того белка, информация о котором содержится в данном гене. Как отразится на строении белка удаление из гена первого нуклеотида?

4.25. Определите порядок следования друг за другом аминокислот в участке молекулы белка, если известно, что он кодируется такой последовательностью нуклеотидов ДНК: ТГЦГТТТАТГЦГ...

Как изменится ответ, если химическим путем из молекулы ДНК будет удален шестой нуклеотид?

4.26. Назовите последовательные мономеры участка молекулы белка, который синтезируется на основе информации, «записанной» в молекуле ДНК таким порядком нуклеотидов: ЦЦЦАААААГАТА...

Как отразится на строении белка удаление из молекулы ДНК второго нуклеотида?

4.27. Какая последовательность аминокислот кодируется такой последовательностью нуклеотидов ДНК: АГТГТГААЦЦАГ... и какой станет последовательность аминокислот, если между третьим и четвертым нуклеотидами вставить тимин?

4.28. С какой последовательности аминокислот начинается белок, если он закодирован такой последовательностью нуклеотидов:

ЦЦЦАТГГЦЦГГТ...

А каким станет начало цепочки аминокислот синтезируемого белка, если под влиянием облучения четвертый нуклеотид окажется выбитым из молекулы ДНК?

4.29. Участок цепи белка вируса табачной мозаики состоит из следующих аминокислот: – серин – глицин – серин – изолейцин – треонин – пролин – серин –. В результате воздействия на и-РНК азотистой кислотой цитозин РНК превращается в гуанин. Определите изменения в строении белка вируса после воздействия на и-РНК азотистой кислотой.

4.30. Какими последовательностями нуклеотидов информационной РНК кодируется следующая последовательность аминокислот белка: – треонин – триптофан – тирозин – валин –.

4.31. Используя таблицу генетического кода (см. табл. 4.1.), напишите участок ДНК, в котором закодирована информация о следующей последовательности аминокислот в белке: – аргинин – триптофан – тирозин – гистидин – фенилаланин –.

4.32. Начало цепи одного гистона имеет следующую аминокислотную последовательность: аланин – аргинин – треонин – лизин –. Какова возможная структура начальных фрагментов и-РНК и двухцепочной ДНК?

4.33. Первые 10 аминокислот в цепи В инсулина: фенилаланин – валин – аспарагиновая кислота – глутамин – гистидин – лейцин – цистеин – глицин – серин – гистидин –.

Определите структуру участка ДНК, кодирующего эту часть цепи инсулина.

4.34. Начальный участок цепи А инсулина представлен следующими пятью аминокислотами: глицин – изолейцин – валин – глутамин –

глутамин –. Определите структуру участка ДНК, кодирующего эту часть цепи инсулина.

4.35. Какой последовательностью нуклеотидов ДНК кодируется участок белка, если он имеет следующее строение: – аргинин – пролин – лейцин – валин – аргинин –?

5. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Генетическая инженерия – это конструирование искусственным путем функционально активных генетических структур и наследственно измененных организмов.

Для того чтобы искусственным путем наделить какой-либо организм новыми наследственными свойствами, нужно ввести в него новый ген или несколько генов от другого организма. Причем нужно, чтобы эти гены в чужом организме начали «работать» – производить белки.

Осуществляется эта процедура с помощью двух операций «разрезания» и «сшивания». Роль портняжных инструментов играют **ферменты рестриктазы** и **лигазы**.

Рестриктазы (своеобразные молекулярные ножницы), действуя на двухцепочечную ДНК, «узнают» в ней определенную последовательность нуклеотидов. Причем, каждая рестриктаза узнает только свою последовательность ДНК, прикрепляется к ней и разрезает ее в месте прикрепления. Рестриктазам безразлично, чью ДНК разрезать – человека или растения, бактерии или вируса, лишь бы в ней были **распознаваемые участки**. Это значит, что две совершенно несхожих между собой последовательности ДНК (допустим из клеток слона и лягушки) при обработке одной и той же рестриктазой легко можно сшить (слепить) друг с другом. Обычно рестриктазы распознают в молекулах ДНК очень

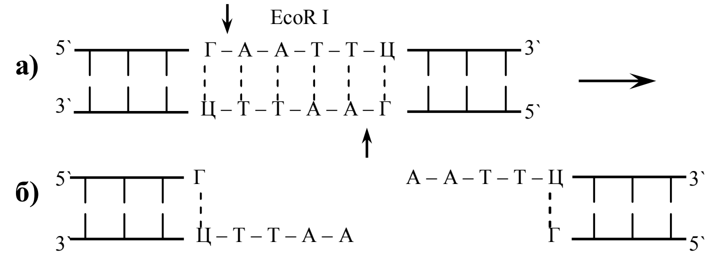


Рис.5.1. **а)** схема действия фермента рестриктазы EcoR I на двухцепочечную молекулу ДНК, с указанием участка распознавания и места разреза; **б)** фрагменты ДНК с липкими концами после разрезания ферментом EcoR I.

короткие, но строго специфичные для каждого фермента участки длиной в 4 – 6 пар нуклеотидов и разрезают обе цепи ДНК посередине этих участков или с некоторым смещением. В первом случае образуются обрывки с **ровными (тупыми) концами**, а во втором – стороны разрезаемых цепочек ДНК заходят одна за другую. Такие **одноцепочечные концы** называются «**липкими**», поскольку они могут как бы слипаться между собой в силу комплементарности.

Ярким примером рестриктазы второго типа является **EcoRI**, которая узнает фрагмент ДНК из шести нуклеотидов ГААТТЦ, и режет эту последовательность ДНК асимметрично, «ступенькой» между нуклеотидами Г и А (рис. 5.1.). В результате место разреза в одной цепи смещено по отношению к другой на 4 пары оснований. При таком разрезе образуется два выступающих конца. Эти концы притягиваются друг к другу, желая восстановить свои старые связи и скрепиться, как им и положено, водородными мостиками.

Если с той же EcoR1 получить фрагменты ДНК из различных организмов, то все они будут иметь одинаковые, подходящие друг к другу «**липкие концы**». Скрепить выступающие липкие концы двух молекул ДНК помогает другой фермент - **ДНК-лигаза**. Он лигирует, то есть «сшивает» между собой сахарофосфатные остовы двух фрагментов с образованием полной структуры двойной спирали ДНК. Внешне она ничем не отличается от обычной ДНК. Сейчас в арсенале генных инженеров имеется более 500 различных рестриктаз, способных разрезать ДНК примерно в 120 различных местах. Несколько рестриктаз и участки ДНК которые они могут разрезать представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Некоторые рестриктазы и расщепляемые ими последовательности.

Рестриктазы	Участки распознавания и места разреза ДНК
Bam I	5`-Г-Г-А-Т-Ц-Ц-3` 3`-Ц-Ц-Т-А-Г-Г-5`
EcoR I	5`-Г-А-А-Т-Т-Ц-3` 3`-Ц-Т-Т-А-А-Г-5`
Hind III	5`-А-А-Г-Ц-Т-Т-3` 3`-Т-Т-Ц-Г-А-А-5`
Hae III	5`-Г-Г-Ц-Ц-3` 3`-Ц-Ц-Г-Г-5`
Hpa II	5`-Ц-Ц-Г-Г-3` 3`-Г-Г-Ц-Ц-5`

Sma I	5`-Ц-Ц-Ц-Г-Г-Г-3` 3`-Г-Г-Г-Ц-Ц-Ц-5`

С помощью этих и некоторых других ферментов многие исследователи начали конструировать и конструируют в настоящее время разнообразные по своим составным частям **гибридные (рекомбинантные) ДНК**.

Но как полученным гибридным генам попасть в клетку и начать там работать?

Для доставки чужеродных генов в различные организмы ученые стали применять специальные устройства, так называемые вектора. **Вектор** – это молекула ДНК, способная самостоятельно реплицироваться в клетках различных организмов и обеспечивать размножение и работу встроенного в нее искусственно какого-либо гена. В английской литературе вектор часто обозначается словом vehicle – повозка.

Идеальными векторными молекулами, созданными самой природой, оказались **плазмиды**, представляющие собой небольшие **кольцевые молекулы ДНК**, самостоятельно живущие в цитоплазме бактерий. Плазмиды способны к автономной репликации, обладают генами устойчивости к различным антибиотикам, что позволяет легко обнаружить их присутствие в клетках, плазмиды могут внедряться в хромосому клетки хозяина, а также имеют участки ДНК для действия ряда рестриктаз. Это означает, что каждая такая рестриктаза может разрезать кольцо плазмидной ДНК и переводить ее в линейное состояние. После чего линейную плазмиду можно легко соединить с фрагментом ДНК другого вида с подходящими липкими концами.

Первым успешным **вектором-повозкой**, который начали использовать в генной инженерии стала кольцевая плазмида **pSC101**. Она несет только один **участок расщепления** (**сайт рестрикции**) рестриктазой EcoR1 и превращается под действием этого фермента из кольцевой в линейную молекулу, концы, которой могут «слипаться» между собой или с любыми фрагментами другой ДНК, полученными под действием той же рестриктазы. Кроме того она несет ген устойчивости к антибиотику тетрациклину, а значит легко обнаруживается в бактериях если их растить на среде с этим антибиотиком. Все эти свойства pSC101 и были использованы для создания и **клонирования** первых **гибридных (рекомбинантных) ДНК**, которые были бы функционально активными, то есть могли бы стабильно существовать в клетке и наделять (**трансформировать**) ее новыми признаками. Этапы введения фрагмента

чужеродной ДНК в плазмидный вектор pSC101 с помощью рестриктазы EcoR1 схематически показаны на рис. 5.2.

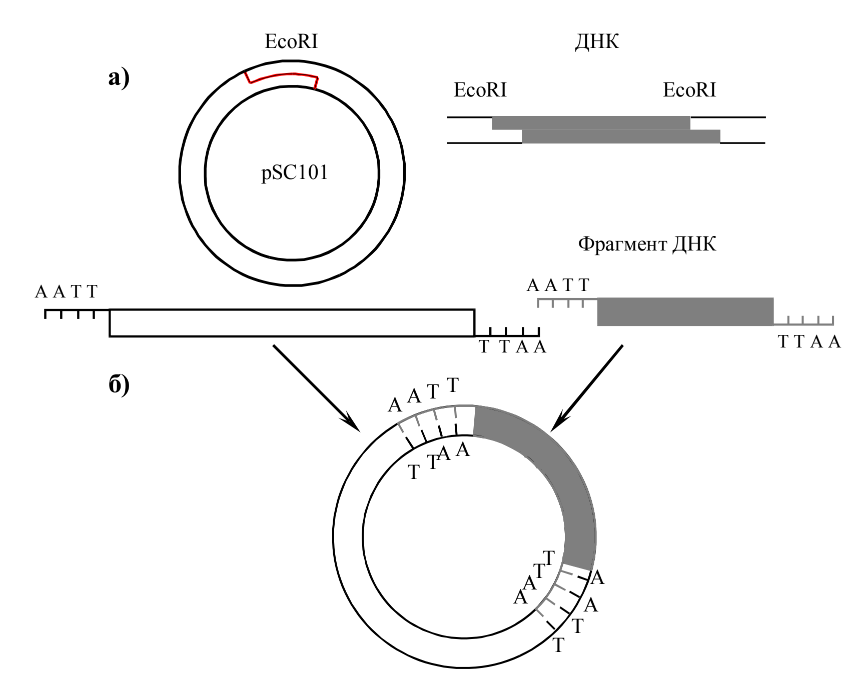


Рис. 5.2. Введение фрагмента рекомбинантной молекулы ДНК в плазмидный вектор pSC101 с помощью рестриктазы EcoRI, образующей «липкие» концы: **а)**— разрезание молекул ДНК рестриктазой и образование фрагментов с «липкими» концами; **б)** — гибридизация и сшивание ферментом лигазой фрагментов ДНК.

По мере развития методов генной инженерии совершенствовались и плазмидные вектора. Широкое распространение получала **плазмида pBR322**. У нее больше участков, разрезаемых различными рестриктазами, следовательно, с ней можно «сшивать» самые разные фрагменты ДНК. Более того, у pBR322 не один, а два **маркера для селекции** на бактериальных средах: помимо тетрациклина эта плазмида кодирует еще устойчивость к ампициллину (рис. 5.3.). Если один из этих генов (например, ген устойчивости к тетрациклину) разрезать определенной рестриктазой, то при встраивании в это место фрагмента **чужеродной ДНК** целостность гена нарушается и определяемый им признак исчезает. Это позволяет легко отбирать гибридные плазмиды, **специальным образом введенные** в бактериальные клетки кишечной

палочки *E. coli* при помещении их на твердую питательную среду с антибиотиками ампициллином и тетрациклином, и на среду только с ампициллином. **Трансформированные** бактерии *E. coli* содержащие гибридные плазмиды растут на среде с ампицилином, но не растут на среде с двумя антибиотиками, потому что ген тетрациклиновой устойчивости в плазмиде поврежден вставкой. Селективный рост позволяет отбирать и выращивать только клетки содержащие гибридные молекулы ДНК.

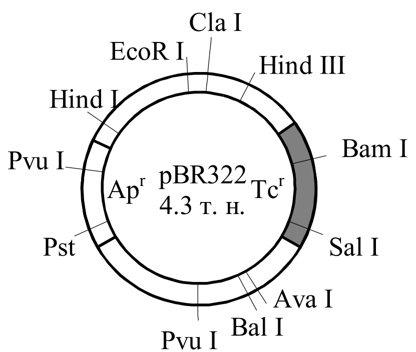


Рис. 5.3. Вектор pBR322, схема расположения сайтов рестрикции. Ap^r и Tc^r – гены устойчивости к ампициллину и тетрациклину.

Помимо плазмид в качестве векторов стали успешно использовать **фаги** и **вирусы**. Позже были созданы **космиды** – особый тип векторов, сочетающих свойства плазмиды и фага. В космидах можно клонировать еще более крупные фрагменты ДНК, длинной до 40 тыс. пар нуклеотидов. Включение таких больших кусков чужой ДНК в обычные плазмидные векторы повреждает их способность к автономному существованию.

Таким образом, последовательно была создана основная триада элементов техники генной инженерии: выделение генов, «сшивание» их с вектором, доставка гибридной структуры в конкретный (**реципиентный**) **организм**, где она сможет размножаться и наследоваться в потомстве.

З А Д А Ч И

5.1. Имеется последовательность из 39 нуклеотидных пар двухцепочечной ДНК следующего состава:

5`-ЦЦТТАГГЦЦТГААТТААГГЦААТАГТГТГААТТЦАЦАТГ-3`
3`-ГГААТЦЦГГАЦТТААТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТААГТГТАЦ-5`

Каким способом и на сколько частей можно разрезать эту ДНК?

Решение. В данной последовательности ДНК имеется два участка распознавания: ГААТТЦ для рестриктазы EcoR I и ГГЦЦ для Hae III (см. таблицу 5.1.). Поэтому искомая ДНК может быть разрезана в двух местах с образованием трех различных фрагментов следующих последовательностей:

1) 5`-ЦЦТТАГГ- 2) -ЦЦТГААТТААГГЦААТАГТГТГ-

3`-ГГААТЦЦ-   -ГГАЦТТААТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТАА-

3) -ААТТЦАЦАТГ-3`
      -ГТГТАЦ-5`

5.2. Рестрикционный фермент Hind III разрезает ДНК по последовательности ААГЦТТ. Насколько часто этот фермент будет разрезать двухцепочечную ДНК? (Иными словами, какова средняя длина фрагментов разрезанной ДНК?).

Решение. Нам необходимо рассмотреть только одну цепочку ДНК, поскольку обе цепочки имеют одинаковые, симметричные последовательности, хотя и разнонаправленные. Частота встречаемости фрагмента из 6 нуклеотидных пар для Hind III составит $(1/4)^6 = 1/4096$, так как вероятность для одного нуклеотида (допустим А) занять конкретное место в цепочке ДНК составляет 1/4, а таких мест имеется 6. Следовательно, среднее расстояние между участками разрезания рестриктазой Hind III составит около 4 тысяч нуклеотидных пар (4 тысячи баз или 4 килобазы).

5.3. Гаплоидный геном человека содержит около 3×10^9 нуклеотидных пар (н.п.) ДНК. Если вы порежете человеческую ДНК рестрикционным ферментом EcoRI, узнающим гексамерную последовательность ГААТТЦ, то сколько различных рестрикционных фрагментов будет получено.

Решение. Исходя из предположения, что четыре нуклеотида А, Т, Г, Ц находятся в равных количествах и распределяются в ДНК случайным образом вероятность для любого из четырех нуклеотидов занять конкретное место в цепочке составляет 1/4. Вероятность для двух нуклеотидов (например АГ) занять конкретное место составит $1/4 \times 1/4 = (1/4)^2$, а вероятность для специфической гексамерной последовательности будет равна $(1/4)^6 = 1/4096$. Следовательно, EcoRI будет разрезать молекулу человеческой ДНК в среднем один раз на 4096 нуклеотидных пар. Если молекула ДНК разрежется n раз, то в результате получается n+1 фрагмент. Гаплоидный геном из 3×10^9 нуклеотидных пар содержит около 732 422 ($3 \times 10^9/4096$) мест разреза для рестриктазы EcoRI. Если бы полный геном человеческой ДНК состоял из одной молекулы, то EcoRI могла бы разрезать его на 732 422 + 1 фрагмент. Но поскольку места разрезания распределены по 23 хромосомам, то в результате полного расщепления человеческой ДНК рестриктазой EcoRI должно получиться 732422 + 23 рестрикционных фрагмента.

5.4. Ниже приведены последовательности двух фрагментов ДНК выделенных из организмов разных видов.

1) 5`-АГЦАТАЦТГТГААТТЦАЦА-3`
   3`-ТЦГТАТГАЦАЦТТААГТГТ-5`

2) 5`-АТГААТТЦТТАГЦАТАЦ-3`
   3`-ТАЦТТААГААТЦГТАТГ-5`

С помощью каких ферментов можно получить гибридную молекулу ДНК из этих фрагментов? Опишите последовательные этапы получения гибридной молекулы.

Решение. На первом этапе необходимо разрезать представленные фрагменты ДНК разных видов с помощью подходящих рестрикционных ферментов. В данном случае можно использовать рестриктазу EcoRI, которая расщепит ДНК двух видов на четыре новых фрагмента 1а, 1б и 2а, 2б с липкими концами AATT и TTAA:

1а) 5`-АГЦАТАЦТГТГ 1б) ААТТЦАЦА-3`
3`-ТЦГТАТГАЦАЦТТАА ГТГТ-5`

2а) 5`-АТГ 2б) ААТТЦТТАГЦАТАЦ-3`
3`-ТАЦТТАА ГААТЦГТАТГ-5`

В ходе второго этапа необходимо смешать нужные нам фрагменты 1а и 2б. В результате выступающие липкие концы скрепятся между собой, как им и положено, водородными связями в силу комплементарности.

5`-АГЦАТАЦТГТГ А-А-Т-Т-ЦТТАГЦАТАЦ-3`
3`-ТЦГТАТГАЦАЦ-Т-Т-А-А ГААТЦГТАТГ-5`

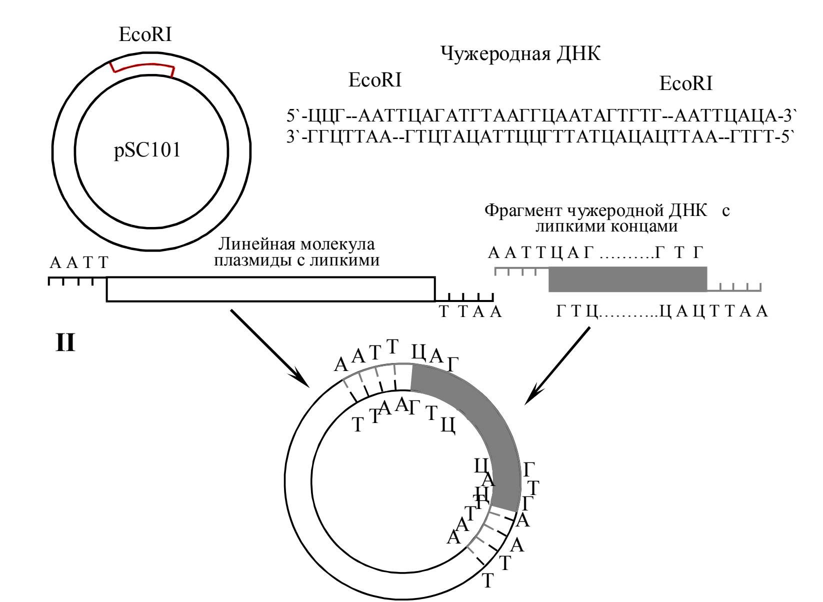
Окончательное скрепление фрагментов 1а и 2б двух молекул ДНК производит специализированный фермент ДНК-лигаза, которая «сшивает» между собой сахарофосфатные остовы обоих фрагментов с образованием полной структуры двойной спирали ДНК.

5.5. Кольцевая плазмида pSC101 несет только один участок расщепления рестриктазой EcoR1. Какой из приведенных ниже фрагментов ДНК можно встроить в данную плазмиду?

5`-ЦЦГААТТЦАГАТГТААГГЦААТАГТГТГААТТЦАЦА-3`
3`-ГГЦТТААГТЦТАЦАТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТААГТГТ-5`

5`-ЦЦТТАГГЦЦТГААТТААГГЦААТАГТГТГААТЦАЦАТГ-3`
3`-ГГААТЦЦГГАЦТТААТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТАГТГТАЦ-5`

Решение. Поскольку плазмида pSC101 несет один участок расщепления рестриктазой EcoR1, то в нее можно встроить только тот



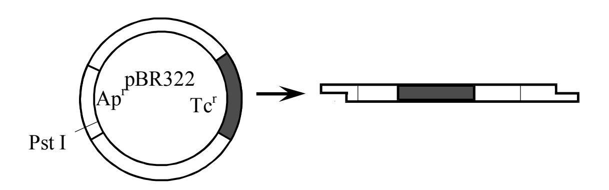
фрагмент ДНК который также может быть разрезан рестриктазой EcoR1. Поэтому из двух фрагментов двухцепочечной ДНК приведенных выше в плазмиду pSC101 можно встроить лишь первый, так как только он содержит участки разрезания для EcoR1. Схематически этапы встраивания участка чужеродной ДНК изображено на рисунке:

На первом этапе EcoR I разрезает по сайтам рестрикции плазмиду и первую молекулу ДНК с образованием фрагментов ДНК с липкими концами. На втором этапе происходит гибридизация линейной молекулы плазмиды и фрагмента чужеродной ДНК с последующим образованием кольцевой молекулы вектора со встроенным участком чужеродной ДНК и сшивание их при помощи фермента лигазы.

5.6. При помощи рестриктазы Pst I получен фрагмент двухцепочечной ДНК с липкими концами. Можно ли встроить данный фрагмент в плазмиду pBR322? Как подтвердить, что фрагмент чужеродной ДНК встроен в плазмиду pBR322?

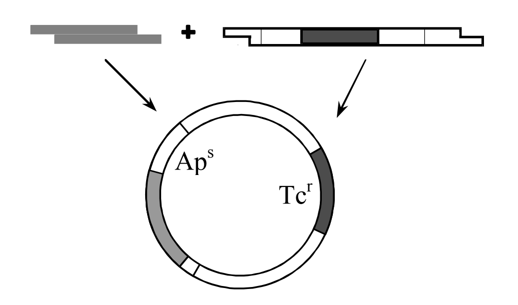
Решение. Данный фрагмент ДНК можно встроить в плазмиду pBR322 поскольку она несет участок расщепления рестриктазой Pst I. Процесс вставки фрагмента в плазмиду аналогичен таковому в предыдущей задаче.

На первом этапе под действием рестриктазы Pst I получают линейную молекулу плазмиды:

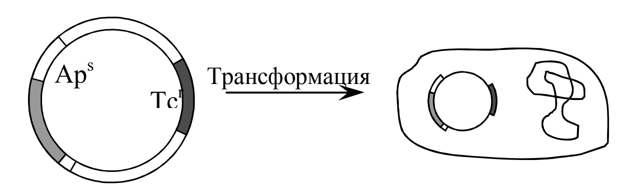


На втором этапе происходит гибридизация линейной молекулы плазмиды с фрагментом ДНК с последующим сшиванием ферментом лигазой:

Так как сайт рестрикции для Pst I находится в гене устойчивости

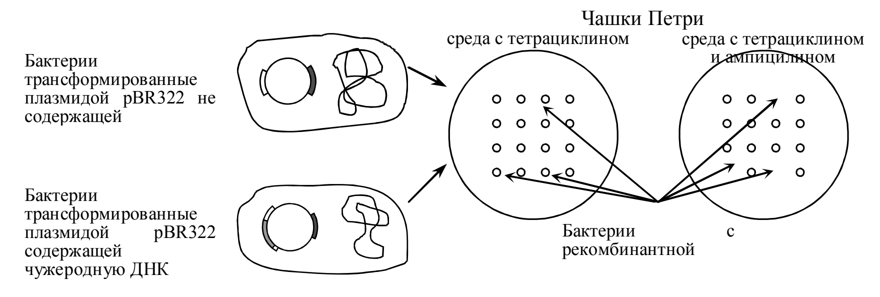


(резистентности) к ампициллину, то при вставке чужеродной ДНК по месту разреза будет нарушена целостность гена *Ap*. Соответственно



исчезнет признак устойчивости к ампициллину, кодируемый данным геном. Для того, чтобы подтвердить наличие чужеродной ДНК гибридную плазмиду вводят в бактерию.

Трансформированные плазмидой бактерии помещают на среду в чашку Петри, содержащую только тетрациклин. Затем переносят реплику (отпечаток) колоний на среду содержащую и тетрациклин, и ампициллин.



Если бактериальные колонии растут на среде содержащей тетрациклин, но не растут на среде с двумя антибиотиками, то это означает, что данные бактерии несут плазмиды с чужеродной ДНК, встроенной в ген устойчивости к ампициллину. Иными словами, встроить данный фрагмент в плазмиду pBR322 при помощи рестриктазы Pst I удалось.

5.7. Имеется последовательность из 27 нуклеотидных пар двухцепочечной ДНК следующего состава:

5`- ЦТГААТТАГГАТЦЦАГГЦААТАГТГТГ -3`
3`-ГАЦТТААТЦЦТАГГТЦЦГТТАТЦАЦАЦ-5`

Каким способом и на сколько частей можно разрезать эту ДНК?

5.8. Имеется последовательность из 24 нуклеотидных пар двухцепочечной ДНК следующего состава:

5`-ТЦАГААТГЦТГГЦЦААГТАЦТТАГ-3`
3`-АГТЦТТАЦГАЦЦГГТТЦАТГААТЦ-5`

Каким способом и на сколько частей можно разрезать эту ДНК?

5.9. Ниже приведены две последовательности одноцепочечных молекул ДНК. Какую из них в двухцепочечной форме могут разрезать известные вам рестриктазы?

а) 5`-АЦТЦЦАГААТТЦАЦТЦЦГ-3`

б) 5`-ГЦЦТЦАТТЦГААГЦЦТГА-3`

5.10. Ниже приведены три последовательности одноцепочечных молекул ДНК. Какие из них в двухцепочечной форме могут разрезать известные вам рестриктазы?

а) 5`-ТАГГЦТААГЦТТАЦЦГАТ-3`

б) 5`-ЦГААТАТТТЦЦГГАТГАА-3`

в) 5`-АГГТЦЦТТАТЦЦГАТААТТ-3`

5.11. Рестрикционный фермент Hpa II разрезает ДНК по последовательности ЦЦГГ. Какова средняя длина фрагментов разрезанной ДНК?

5.12. Рестрикционный фермент EcoRI разрезает ДНК по последовательности ГААТТЦ. Насколько часто этот фермент будет разрезать двухцепочечную ДНК?

5.13. Если последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК распределяется случайным образом, то какова будет средняя длина фрагмента при разрезании ДНК рестриктазами узнающими последовательность из восьми нуклеотидов?

5.14. Гаплоидный геном человека содержит около 3×10^9 нуклеотидных пар ДНК. Сколько различных рестрикционных фрагментов будет получено при разрезании человеческой ДНК рестикционным ферментом Not I, узнающим октамерную последовательность ГЦГГЦЦГЦ?

5.15. Сколько различных рестрикционных фрагментов будет получено при разрезании человеческой ДНК рестриктазой Sma I?

5.16. Геном дрожжевого грибка *Saccharomyces cerevisiae,* состоящий из одной хромосомы, содержит около $13,5 \times 10^6$ нуклеотидных пар ДНК. Если вы порежете эту ДНК ферментом EcoRI, то сколько различных рестрикционных фрагментов будет получено?

5.17. Геном кишечной палочки *Escherichia coli*, представляющий собой одну кольцевую хромосому, содержит около $4,7 \times 10^6$ н. п. Его разрезали ферментом HaeIII. Сколько различных рестрикционных фрагментов будет получено?

5.18. Геном *Drosophila melanogaster,* состоящий из четырех хромосом, содержит около 10^8 нуклеотидных пар ДНК. Если вы порежете эту ДНК ферментом EcoRI, то сколько различных рестрикционных фрагментов будет получено?

5.19. Ниже приведены последовательности двух фрагментов ДНК выделенных из организмов разных видов.

5`-АААГЦТТЦТГААТЦЦГАТЦГ-3`
3`-ТТТЦГААГАЦТТАГГЦТАГЦ-5`

5`-АЦТЦАГАТЦЦТАГГАТААГЦТТГТ-3`
3`-ТГАГТЦТАГГАТЦЦТАТТЦГААЦА-5`

С помощью каких ферментов можно получить гибридную молекулу ДНК из этих фрагментов? Опишите последовательные этапы получения гибридной молекулы.

5.20. Опишите последовательные этапы получения гибридной ДНК из представленных ниже фрагментов.

5`-ТАЦТАТЦЦГГАГТАГГАТЦЦТ-3`
3`-АТГАТАГГЦЦТЦАТЦЦТАГГА-5`

5`-ЦГГАТЦЦТАГАТТЦЦАТА-3`
3`-ГЦЦТАГГАТЦТААГГТАТ-5`

5.21. Ниже приведен фрагмент ДНК, можно ли встроить его в плазмиду pSC101?

5`-АГГЦЦТГААТТААГГЦААТАГТГТГААТЦА-3`
3`-ТЦЦГГАЦТТААТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТАГТ-5`

5.22. Ниже приведены два одноцепочечных фрагмента ДНК. Какой из них в двухцепочечном варианте можно использовать для встраивания в плазмиду pSC101?

а) 5`-ГГЦЦТГААТТЦААГЦАТАГТГТГААТТЦАА-3`

б) 5`-ТЦЦГГАЦТТААТТГТТАТЦАЦАЦТТАГТ-3`

5.23. Кольцевая плазмида pBR322 имеет участки расщепления различными рестриктазами. Какой из ниже приведенных фрагментов двухцепочечной ДНК можно встроить в данную плазмиду при помощи известной вам рестриктазы?

5`-ЦЦГАТТЦАГАТГТААГГЦААТАГТГТГАТТЦАЦА-3`
3`-ГГЦТААГТЦТАЦАТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТААГТГТ-5`

5`-ЦЦТТААГЦТТАГГЦТААГГЦААТАГААГЦТТГТЦААТГ-3`
3`-ГГААТТЦГААТЦЦГАТТЦЦГТТАТЦТТЦГААЦАГТТАЦ-5`

5.24.. Какой из ниже приведенных фрагментов двухцепочечной ДНК можно встроить в плазмиду pBR322?

5`-ЦЦГААТТЦАГАТГТААГГЦААТАГТГТГААТТЦАЦА-3`
3`-ГГЦТТААГТЦТАЦАТТЦЦГТТАТЦАЦАЦТТААГТГТ-5`

5`-ЦЦТТААГЦТТАГГЦТААГГЦААТАГААГЦТТЦАЦАТГ-3`
3`-ГГААТТЦГААТЦЦГАТТЦЦГТТАТЦ ТТЦГААГТГТАЦ-5`

5.25.* Имеется фрагмент двухцепочечной ДНК следующего состава:

5`- ТАГГАТЦЦАТТАААТАГТГГАТЦЦГТ -3`
3`-АТЦЦТАГГТААТТТАТЦАЦЦТАГГЦА-5`

Можно ли встроить данный фрагмент в плазмиду pBR322? Как подтвердить что фрагмент чужеродной ДНК встроен в плазмиду pBR322?

5.26.* В плазмиду pBR322 вставлен фрагмент чужеродной ДНК. Трансформированные такой плазмидой бактерии растут на питательной среде с ампициллином, но не растут на питательной среде, содержащей тетрациклин. Какой известной вам рестриктазой можно вырезать чужеродную ДНК из плазмиды?

ЛИТЕРАТУРА

1. **Айала Ф., Кайгер Дж.** Современная генетика: Пер. с англ.: В 3 т. – М.: Мир, 1988. - Т. 3. - 336 с.
2. **Веселовский С.Б.** Род и предки А.С.Пушкина в истории. М.: Наука, 1990. – 336 с.
3. **Заяц Р.Г., Рачковская И.В., Стамбровская В.М.** Пособие по биологии для абитуриентов. Мн.: Вышэйшая школа, 1996. – 510 с.
4. **Каминская Э.А.** Сборник задач по генетике. Мн: Вышэйшая школа, 1977. – 128 с.
5. **Картель Н.А**. Биоинженерия: методы и возможности.- Мн.: Ураджай, 1989.- 143 с.,[16] л. ил.
6. **Кочергин Б.Н., Кочергина Н.А.** Задачи по молекулярной биологии и генетике. Мн.: Народная асвета, 1982. – 80 с.
7. **Сборник задач по общей и медицинской генетике.** Учебно-методическое пособие./ Бутвиловский В.Э. и др. Мн.: МГМИ, 1998. – 132 с.
8. **Соколовская Б.Х.** Сто задач по генетике и молекулярной биологии. Новосибирск: Наука, 1971. – 64 с.
9. **Хелевин Н.В., Лобанов А.М., Колесова О.Ф.** Задачник по общей и медицинской генетике. М.: Высшая школа, 1984. – 159 с.
10. **Modern genetic analysis/** Griffiths et al. – Freeman and company. New York. 1999. – 675 p.

ОТВЕТЫ НА ЗАДАЧИ

1. Основные закономерности наследственности

1.13. а) *B;* б) *B, b;* в) *c*.

1.14. а) *B* и *b;* б) 1/2: 1/2.

1.15. В первом случае все потомство имеет генотип *Aa* и по фенотипу все желтые; во втором случае расщепление по генотипу: *Aa* : 2*Aa* : *aa*, а по фенотипу 3/4 части потомства желтые и 1/4 часть – зеленые; в третьем случае 1/2 – потомства желтого и 1/2 – зеленого.

1.16. 1/2 красноплодных и 1/2 желтоплодных.

1.17. Генотипы исходных форм гетерозиготны (*Aa*).

1.18. Однородное по росту потомство овса можно получить в трех случаях: 1) при скрещивании гомозиготных растений с доминантным признаком (все растения будут нормального роста); 2) при скрещивании гомозиготных растений с рецессивным признаком в потомстве все будут гигантскими; 3) при скрещивании гомозиготных растений с доминантным признаком с растениями с рецессивным признаком потомство будет однородное нормального роста.

1.19. 3/4 потомства будет нормального роста и 1/4 – карликовых.

1.20. В потомстве можно ожидать 1/2 комолых животных и 1/2 рогатых.

1.21. 1. В потомстве от скрещивания гетерозиготных особей крупного рогатого скота следует ожидать 3/4 черных телят и 1/4 красных. 2. Следует ожидать 1/2 черных телят и 1/2 красных.

1.22. Доминантным геном определяется признак длинные крылья; генотипы родителей гетерозиготны.

1.23. Наиболее вероятные фенотипы: 3/4 кареглазых и 1/4 голубоглазых детей. Наиболее вероятные генотипы: 1/4 *AA* : 1/2 *Aa* : 1/4 *aa*.

1.24. Генотип пятипалого ребенка *pp,* шестипалого *Pp;* от брака гомозиготного шестипалого мужчины и пятипалой женщины может родиться только шестипалый ребенок с генотипом *Pp*.

1.25. У женщины с нормальным строением скелета и у мужчины, гетерозиготного по ахондроплазии вероятность рождения ребенка с ахондроплазией 1/2, т.е. 50%. Во втором случае вероятность рождения ребенка с ахондроплазией составляет 100%.

1.26. 1. 3/4 потомства с нормальным слухом и 1/4 глухонемых детей. 2. Генотип матери – гомозигота по рецессивному признаку, генотип отца – гетерозигота.

1.27. а) Оба являются гетерозиготами *Tt*. б) 3/4 ощущающих : 1/4 не ощущающих, что равнозначно 3 ощущающих : 1 не ощущающему или 0,75 ощущающих : 0,25 не ощущающих. Все ощущающие. 1/2 ощущающих : 1/2 не ощущающих.

1.28. В первом случае генотипы родителей *Bb* и *bb;* во втором случае генотипы родителей *BB* и *bb*; в третьем случае можно предположить, что генотипы родителей *BB* и *BB* или *BB* и *Bb*.

1.29. а) 250 растений; б) 125 белых экземпляров.

1.30. 69134.

1.31. 3/4 раннеспелых и 1/4 позднеспелых.

1.32. 1. *Aa* и *aa;* 2. Оба родителя имеют генотип *Aa*.

1.33. Генотип родителей *Bb* и *bb*.

1.34. 1.а) Ген нормальных крыльев доминантен, а ген укороченных крыльев рецессивен. 1.б) Оба родителя были гетерозиготами, с одним геном нормальных крыльев и одним геном укороченных крыльев. 2. 1/2 х 80 = 40 (1/2 потомства, т.е. 40 из 80) получит от отца ген нормальных крыльев.

1.35. Ангорский тип шерсти кроликов – рецессивный признак.

1.36. Генотипы родителей: самка гетерозиготна, самец гомозиготен по рецессивному признаку, 1/2 потомства гетерозиготна по доминантному признаку (черные) и 1/2 с рецессивным признаком (коричневые).

1.44. а) Один тип гамет *CD;* б) Один тип гамет *cD;* в) Один тип гамет *cd*.

1.45. а) Два типа: *Cd* и *cd;* б) Четыре типа: *CD, Cd, cD, cd;* в) Восемь типов: *CDE, cDE, CdE, CDe, cde, Cde, cDe, cdE*.

1.46. В первом поколении по фенотипу все семена гороха желтые гладкие с генотипом *AaBb,* во втором поколении генотипических классов – девять: 1 *AABB,* 2 *AABb,* 1 *AAbb,* 2 *Aabb,* 4 *AaBb,* 2 *AaBB,* 1 *aaBB,* 2 *aaBb,* 1 *aabb* и четыре фенотипических класса:

9 *A_B_*	:	3 *aaB_*	:	3 *A_bb*	:	1 *aabb*
желтые		зеленые		желтые		зеленые
гладкие		гладкие		морщинистые		морщинистые

Здесь наблюдается независимое исследование по каждой паре признаков 3:1.

Во втором случае наблюдается расщепление:

AaBb	:	*aaBb*	:	*Aabb*	:	*aabb*
1/4 желтые		1/4 зеленые		1/4 желтые		1/4 зеленые
гладкие		гладкие		морщинистые		морщинистые

В третьем случае наблюдается такое же расщепление, как и во втором.

В четвертом случае генотипы родителей *Aabb* и *aaBB*.

В пятом случае генотипы родителей *aaBb* и *Aabb*.

1.47. В F_1 все растения с белыми дисковидными плодами с генотипом *WwDd,* во втором случае:

WwDD	:	*WwDd*	:	*wwDD*	:	*wwDd*
белые		белые		желтые		желтые
дисковидные		дисковидные		дисковидные		дисковидные;

в третьем случае:

WWDd	:	*WwDd*	:	*WWdd*	:	*Wwdd*
белые		белые		белые		белые
дисковидные		дисковидные		шаровидные		шаровидные.

1.48. Оба родителя имеют дигетерозиготные генотипы. В дальнейшем от этого брака можно ожидать 9/16 с нормальной пигментацией и курчавыми волосами, 3/16 с нормальной пигментацией и гладкими волосами, 3/16 альбиносов с курчавыми волосами и 1/16 альбиносов с гладкими волосами.

1.49. Отец гетерозиготен по цвету волос, а мать гетерозиготна по цвету глаз.

1.50. В случае гомозиготности отца все потомство будет гетерозиготным по генотипу, а по фенотипу все кареглазые и праворукие. В случае дигетерозиготности отца 1/4 часть потомства можно ожидать кареглазых праворуких, 1/4 часть кареглазых леворуких, 1/4 часть голубоглазых праворуких, 1/4 часть голубоглазых леворуких. В случае гетерозиготности отца по способности владеть руками и гомозиготности по цвету глаз – 1/2 часть потомства кареглазых правшей и 1/2 часть кареглазых левшей. В случае гетерозиготности отца по цвету глаз и гомозиготности по праворукости 1/2 часть потомства ожидается кареглазых правшей и 1/2 часть голубоглазых правшей.

1.51. Все гибриды будут с серым телом и нормальными крыльями. В результате скрещивания гибридов 9 частей потомства ожидается с серым телом и нормальными крыльями, 3 части с серым телом и узкими крыльями, 3 части с желтым телом и нормальными крыльями и 1 часть с желтым телом и узкими крыльями.

1.52. У детей можно ожидать 1/2 часть кареглазых темноволосых и 1/2 часть кареглазых светловолосых.

1.53. Все потомство с серым телом и нормальными крыльями по фенотипу, генотип – дигетерозиготный.

1.54. В потомстве следует ожидать 1/4 часть комолых черных, 1/4 часть комолых красных, 1/4 часть рогатых черных и 1/4 часть рогатых красных.

1.55. а)

1)

Гаме ты	*LS*	*Ls*	*lS*	*ls*
Ls	*LLSs*	*LLss*	*LlSs*	*Llss*
ls	*LlSs*	*Llss*	*llSs*	*llss*

2)

Гаметы	*LS*	*Ls*
Ls	*LLSs*	*LLss*
ls	*LlSs*	*Llss*

3)

Гаметы	*LS*	*Ls*	*lS*	*ls*
ls	*LlSs*	*Llss*	*llSs*	*llss*

б) 1/2.

1.56. 25% черные белоголовые, 25% черные со сплошной окраской головы, 25% рыжие белоголовые, 25% рыжие со сплошной окраской головы.

1.57. 9/16 или 56,25%.

1.58. а) 3/16; б) 3/16; в) 9/16.

1.59. а) 480; б) 160; в) 40.

1.60. а) 1/8; б) 1/8; в) 3/8.

1.61. Генотипы родителей *WwDd* и *Wwdd*.

1.62. Из данных генотипов больше всего будет белых волнистых кроликов при скрещивании потомства. Чтобы проверить чистоту белых волнистых кроликов, необходимо провести анализирующее скрещивание. В потомстве должны появиться гладкие кролики, т.к. генотип кроликов из первого поколения *aaBb,* и если выделить особи с генотипом *aaBB,* то их все потомство будет белым и волнистым.

1.63. Черное оперение и хохлатость – доминантные признаки. Родительские особи имеют дигетерозиготные генотипы. От скрещивания родительской особи с потомком бурого оперения и без хохла можно ожидать 1/4 часть черных хохлатых, 1/4 часть бурых хохлатых, 1/4 часть черных без хохла, 1/4 часть бурых без хохла цыплят.

1.64. Одна муха с серым телом и зачаточными крыльями, вторая с черным телом и зачаточными крыльями.

1.65. 1. 25% красных гладких, 25% красных пушистых, 25% желтых гладких, 25% желтых пушистых. 2. 4 тонны.

1.66. Генотипы исходных форм *aaBB* и *Aabb*. При таком скрещивании возможен один вариант потомства: по генотипу *AaBb,* по фенотипу – полосатые гусеницы, плетущие желтые коконы. При скрещивании особей F_1 между собой получается потомство, характерное для скрещивания дигибридов. В условии задачи приведены количественные соотношения фенотипов во втором поколении, что подтверждает правильность решения.

1.67. Серое тело, нормальные крылья; черное тело, зачаточные крылья; серое тело, зачаточные крылья; черное тело, нормальные крылья.

1.70. 1/4 часть красноплодной земляники, 1/2 часть розовой и 1/4 часть белой; 1/2 часть красноплодной и 1/2 часть с розовыми ягодами.

1.71. Гаметы A и A'; 1:2:1; 1:2:1.

1.72. Половина потомков будет чалой масти.

1.73. Половина потомства будет с голубым оперением.

1.74. 1/4 длинноухих, 1/2 короткоухих, 1/4 безухих; 1/2 короткоухих и 1/2 безухих.

1.75. Горностаевая окраска оперения наследуется по промежуточному типу.

1.76. 1:2:1; 1:2:1; 1/2 с нормальными глазами, 1/2 с уменьшенными глазными яблоками.

1.77. Гаметы AB и $A'b$ (в случае гомозиготности одного из растений по безостости); в F_1 потомство с безостым колосом средней длины; гаметы обоих родителей гибридов: AB, Ab, $A'B$, $A'b$; в F_2 3 части растений с длинным безостым колосом, 1 часть с длинным остистым колосом, 6 частей безостых средней длины, 2 части остистых средней длины, 3 части коротких безостых и 1 часть коротких остистых.

1.78. AB и $A'b$; AB, Ab, $A'B$, $A'b$ у обоих гибридов; расщепление в частях F_2: 3 красных нормальных, 1 красных карликовых, 6 розовых нормальных, 2 розовых карликовых, 3 белых нормальных, 1 белых карликовых.

1.79. В случае гомозиготности быка по безрогости ожидается в потомстве 1/4 красных безрогих, 1/2 чалых безрогих, 1/4 белых безрогих. В случае гетерозиготности быка по безрогости: 1 часть красных безрогих, 1 часть красных рогатых, 3 части чалых безрогих, 2 части чалых рогатых, 1 часть белых рогатых.

1.80. 1 часть с красными цветками и узкими листьями ($AAHH$), 2 части с красными цветками и средними листьями ($AAHH'$), 1 часть с красными цветками и широкими листьями ($AAH'H'$), 1 часть с розовыми цветками и узкими листьями ($AA'HH$), 2 части с розовыми цветками и средними листьями ($AA'HH'$), 1 часть с розовыми цветками и широкими листьями ($AA'H'H'$).

1.81. а) 1/4; б) 1/2; в) 1/4; г) 3/16; д) 1/8.

1.85. 9 частей с ореховидным : 3 части с гороховидным : 3 части с розовидным : 1 часть с листовидным гребнем; с ореховидным и розовидным гребнем.

1.86. *AaBb* и *aabb;* половина потомства растений будет иметь круглые плоды.

1.87. *CcBb* – серая лошадь, *ccBb* – вороная лошадь.

1.88. Аллели эпистатически взаимодействуют друг с другом, причем белый аллель эпистатичен, а черный – гипостатичен. Численные отношения фенотипов в поколении F_2: 12 белых, 3 черных, 1 коричневых.

1.89. 1 часть с массой 3 кг : 6 частей с массой 2,75 кг : 15 частей с массой 2,5 кг : 20 частей с массой 2,25 кг : 15 частей с массой 2 кг : 6 частей с массой 1,75 кг : 1 часть с массой 1,5 кг.

1.101. а) *AB, Ab, aB, ab* (4 типа); б) *Bc, bc* (2 типа); в) *PA, pa* (2 типа); г) *PA, pa, Pa, pA* (4 типа); д) *Ae B, ae b, Ae b, ae B* (4 типа); е) *Ae B, aE b, Ae b, aE B, AE B, , ae b, AE b, ae B* (8 типов).

1.102. Генотип: *AaRhrh, aarhrh, aaRhrh, Aarhrh;* фенотип: нормальные эритроциты, положительный резус-фактор; овальные эритроциты, отрицательный резус-фактор; овальные эритроциты, положительный резус-фактор; нормальные эритроциты, отрицательный резус-фактор.

1.103. Наблюдается свободная комбинация генов.

1.104. Гены наследуются сцеплено. Особь с генотипом $\frac{Ab}{aB}$ (дикий тип по фенотипу) образует гаметы *Ab* (41,5%), *AB* (7%), *ab* (8%), *aB* (43,5%).

1.105. а) Гены сцеплены; б) У самки гены черной окраски тела и нормальных крыльев находились в одной хромосоме, а гены нормальной окраски тела и миниатюрных крыльев – в другой, ее гомологе. О таком расположении свидетельствует большое число потомков с комбинациями «черная окраска тела + нормальные крылья» и «нормальная окраска тела + миниатюрные крылья».

1.106. Из 800 полученных семян только у 24 наблюдаются результаты кроссинговера между генами окраски семян и характера эндосперма. У остальных 776 семян аллели этих генов остаются сцепленными, о чем свидетельствует отношение равное, примерно 1:1. Таким образом, частота рекомбинации равна (24/800)·100 = 3%. Значит, расстояние между генами окраски семян и характера эндосперма равно 3 морганидам.

1.107. Расстояние между генами равно 3,49% или 3,49 морганиды.

1.108. 16,98 морганиды.

1.109. 49,49 морганиды.

1.116. Генотипы матери X^HX^h, отца – X^hY. Фенотипы детей: дочь – носитель, сын здоровый, дочь – гемофилик, сын – гемофилик.

1.117. Вероятность выше, если ген гемофилии женщиной получен от отца.

1.118. Могут.

1.119. 1/4 здоровые дочери : 1/4 дочери – носители гемофилии : 1/4 здоровые сыновья : 1/4 сыновья, страдающие гемофилией.

1.120. Если мать ребенка является носителем гемофилии или страдает гемофилией.

1.121. У птиц гетерогаметен женский, а гомогаметен мужской пол. Самка X^AY, самец X^aX^a. Потомство: индюки – носители, индейки – больны.

1.122. Женские растения в F_2 широколистные, но по генотипу половина из них – носители гена узколистности. Мужские растения: 50% широколистные, 50% узколистные.

1.123. Неправильно, *X*-хромосому вместе с геном дальтонизма сын унаследовал от матери.

1.124. Мать X^dX^d, отец X^DY; фенотип детей: девочки – носители, мальчики – дальтоники.

1.125. Да; да; по 25%.

1.126. а) Мать: X-хромосомы гомозиготны по цветовой слепоте. Отец: ген нормального зрения в X-хромосоме плюс одна Y-хромосома; б) 1/2; в) 1/2.

1.127. Вероятность отсутствия потовых желез у дочерей равна нулю, у сыновей – 50%.

1.128. Самка X^AY – зеленая, самец X^aX^a – коричневый.

1.129. Все мальчики (50%) будут с гипертрихозом.

1.130. Все дочери – носительницы генов гемофилии и дальтонизма, все сыновья – дальтоники.

1.131. а) Если между генами длины крыльев и цвета глаз не происходит перекрестов, то можно ожидать в F_2 следующих результатов: нормальные крылья, красные глаза: нормальные крылья, белые глаза: миниатюрные крылья, красные глаза: нормальные крылья, белые глаза; б) Отсутствие отношения 1:1:1:1 между фенотипами особей, полученных от скрещивания, указывает на кроссинговер между генами длины крыльев и цвета глаз у самки. В результате кроссинговера между этими генами получаются рекомбинантные генотипы: миниатюрные крылья, белые глаза и нормальные крылья, красные глаза. Из 106 мух 35 (18+17) являются рекомбинантными; таким образом, частота рекомбинации равна 35/106 ≈ 30%.

1.137. 50%.

1.138. Первой пары супругов.

1.139. У детей возможны I, II, III, IV группы крови.

1.140. Гетерозиготны по группам крови A и B, по резус-фактору могут быть гетерозиготны с положительным резус-фактором или один из родителей с отрицательным резус-фактором, а второй гетерозиготен с положительным резус-фактором.

1.141 I, II (I^AI^O), III (I^BI^O).

1.142. Не могут.

1.143. II (I^AI^O) и III (I^BI^O).

1.144. 25%; II (I^AI^O) или III (I^BI^O).

1.145. 75%; I или II (I^AI^A и I^AI^O).

1.146. Мистер М. Может быть отцом ребенка. Однако, суд для решения вопроса об отцовстве должен привлечь другие данные.

1.147. а) I^AI^O;

б) I^BI^O;

в) I^AI^O или I^AI^B;

г) I^BI^O;

д) I^AI^A или I^AI^O, или I^AI^B;

е) I^AI^O;

ж) I^AI^O, I^BI^O или I^OI^O;

з) I^AI^O;

и) I^BI^O.

1.149. а) Желтые мыши гетерозиготны; б) Ген желтой окраски в гомозиготном состоянии летален; в) Гомозиготная желтая мышь погибает на стадии зародыша и погибший зародыш в теле матери рассасывается; г) Надо скрестить желтую мышь и, прооперировав ее на ранней стадии беременности, убедиться в наличии мертвых зародышей.

1.150. 2 самки : 1 самец.

1.151. 75%, если не учитывать гибель от малярии; 100%, если не учитывать гибель от малярии.

1.152. а) при скрещивании гетерозигот;

б) при промежуточном наследовании;

в) при скрещивании дигетерозигот;

г) при комплементарном взаимодействии генов;

д) при полимерии;

е) при наличии летального гена в гомозиготном состоянии.

1.153. а) 1/4; б) 50% нормальные : 50% с брахидактилией.

2. Генетика человека. Анализ родословных

2.4. а) Тип наследования – аутосомно-рецессивный.

б) Тип наследования – аутосомно-доминантный.

в) Тип наследования – сцепленный с *X*-хромосомой (с полом), рецессивный.

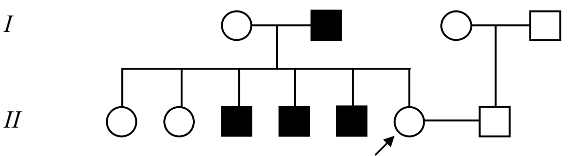
2.5. Классическая гемофилия - заболевание сцепленное с полом. Ген гемофилии находится в *X*-хромосоме. Носительницами гена гемофилии являются Алиса (**I** поколение), Ирэна и Александра (**II** поколение); их генотип $X^H X^h$.

2.6. Вероятность рождения в этой семье еще одного дальтоника составляет 1/4 x 1/4 = 1/16 часть.

2.7. Вероятность рождения детей, владеющих левой рукой равна нулю. Родословная семьи имеет вид:

I

II

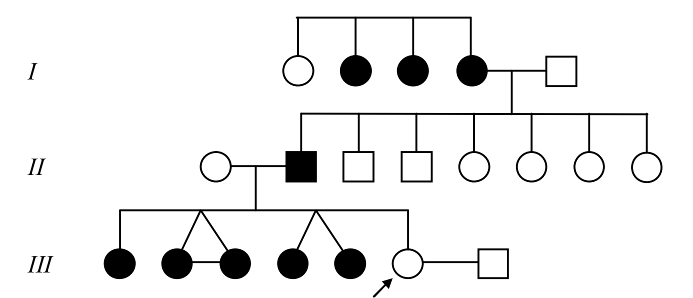


2.8. Шестипалость – признак аутосомно-доминантный. Родословная семьи имеет

I

II

III



вид:

Генотипы пробанда и мужчины – *аа*. Вероятность рождения шестипалых детей равна нулю.

3. Популяционная генетика. Закон Харди-Вайнберга

3.8. 0,1314.

3.9. 0,0727.

3.10. 0,18.

3.11. Частота черных мух – 0,1, частота серых – 0,9. Количество доминантных гомозигот – 0,81, рецессивных гомозигот – 0,01, гетерозигот – 0,18.

3.12. Соответствует.

3.13. Частоты аллелей T и t равны соответственно 0,4523 и 0,5477 Частоты генотипов: *TT* – 0,2046, *Tt* – 0,4954, *tt* – 0,3.

3.14. 42%.

3.15. 0,05.

3.16. Частота гена *а* – 0,3, а частота гена *А* – 0,7.

3.17. В первом поколении гетерозиготы составляют половину всего потомства. При самоопылении гомозиготы порождают только гомозиготное же потомство, а гетерозиготы дают менделевское расщепление, т.е. половина их потомков оказывается гомозиготной и только другая половина сохраняет свою гетерозиготность. Таким образом, с каждой сменой поколений доля гетерозигот уменьшается в два раза: в первом поколении они составляют, как уже было сказано, половину всего потомства, во втором – четверть, в третьем – одну восьмую, в четвертом – одну шестнадцатую и т.д. В n-м поколении доля гетерозиготных особей выражается числом $\left(\frac{1}{2}\right)^n = \frac{1}{2^n}$.

3.18. а) 0,124; б) 0,354.

4. Молекулярная генетика

4.2. ТТТАААГГЦЦЦ.

4.3. АГЦТАААТГЦ .

4.4. ТТАГЦГАЦГА.

4.5. АТЦЦГАТТАТЦГ.

4.6. А Т Ц А Т А Г Ц Ц Г.

Т А Г Т А Т Ц Г Г Ц.

4.8. УААЦГАГУУУ.

4.9. ААГЦУЦАУГГУА.

4.10. ГУГЦУАГГААГА.

4.11. УУУЦУАГУГАУААГАЦААУГАУ.

4.12. ЦГЦТГТААААГЦГЦАТЦАТЦТТАА.

4.17. Пролин – пролин – пролин – пролин.

4.18. Серин – аргинин – фенилаланин – фенилаланин.

4.19. Лейцин – лейцин – изолейцин – валин – изолейцин – триптофан– лейцин – лейцин.

4.20. Лейцин – валин – лейцин.

4.21. Аланин, аспарагин, цистеин, глицин.

4.22. Один из возможных вариантов ответа: АГА, АУА, АГГ, УАЦ.

4.23. Один из вариантов решения: УУУ, УГА, ЦЦА, ЦАА, ГЦА.

4.24. После удаления из гена первого нуклеотида белок имеет вид: аргинин – валин – лейцин.

4.25. После удаления из ДНК шестого нуклеотида аминокислоты в молекуле белка имеют следующий порядок: треонин – глутамин – тирозин.

4.26. При удалении из молекулы ДНК второго нуклеотида строение белка таково: глицин – фенилаланин – серин.

4.27. После вставки тимина белок имеет вид: серин – треонин – лейцин – глицин.

4.28. После облучения начало цепочки белка: глицин – треонин – глицин.

4.29. После воздействия азотистой кислотой цепь белка будет иметь следующее строение: цистеин – глутаминовая кислота – серин – изолейцин – глицин – серин. Это один из вариантов ответа.

4.30. Один из возможных вариантов решения: АЦУ, УГГ, УАУ, ГУУ.

4.31. Один из вариантов ответа: ГЦА АЦЦ АТА ГТА ААА

ЦГТ ТГГ ТАТ ЦАТ ТТТ.

4.32. Один из вариантов решения:

и-РНК: ГЦУ – АГА – АЦУ – ААА

ДНК : ЦГА ТЦТ Т ГА ТТТ

ГЦТ АГА АЦТ ААА.

4.33. Один из возможных вариантов решения:

ААА ЦАА ЦТА Г Т Т ГТА ГАА АЦА ЦЦА ТЦА ГТА

Т Т Т ГТГ ГАТ ЦАА ЦАТ ЦТТ ТГТ ГГТ АГТ ЦАТ

4.34. Один из возможных вариантов решения:

ЦЦА ТАА ЦАА ГТТ ГТЦ

Г ГТ АТТ ГТТ ЦАА ЦАГ

4.35. Один из вариантов решения: ГЦА ГГА ГАА ЦАА ГЦГ
Ц ГТ ЦЦТ ЦТГ Г ТТ ЦГЦ

5. Генетическая инженерия

5.7. В приведенной ДНК имеется один участок распознавания: ГГАТЦЦ для рестриктазы Bam I (см. таблицу 5.1.). Поэтому ДНК может быть разрезана в одном месте с образованием двух фрагментов.

5.8. ДНК может быть разрезана в одном месте рестриктазой Hae III с образованием двух фрагментов.

5.9. Рестриктаза EcoR I может разрезать фрагмент **а**.

5.10. Фрагменты **а** и **б** могут быть разрезаны рестриктазами Hind III и Hpa II соответственно.

5.11. Частота встречаемости четырехнуклиотидного фрагмента ЦЦГГ составит $(1/4)^4 = 1/256$. Таким образом, средняя длина фрагментов ДНК при разрезании Hpa II составит 256 нуклеотидных пар.

5.12. Средняя длина фрагментов ДНК при разрезании EcoRI составит 4096 нуклеотидных пар.

5.13. Средняя длина фрагментов ДНК при разрезании рестриктазами узнающими восьминуклеотидную последовательность составит 65536 нуклеотидных пар.

5.14. В результате полного расщепления человеческой ДНК рестриктазой Not I должно получится 45776 + 23 = 45799 фрагментов.

5.15. Должно получится 732422 + 23 =732445 рестрикционных фрагментов.

5.16. 3296 + 1 = 3297 фрагментов.

5.17. 18359 рестрикционных фрагментов.

5.18. 24414 + 4.

5.19. С помощью Hind III можно разрезать оба фрагмента ДНК с образованием липких концов ГАТЦ. Затем, при смешении фрагментов липкие концы скрепятся между собой за счет водородных связей, а окончательную сшивку в единую гибридную молекулу произведет ДНК-лигаза.

5.20. Bam I может разрезать фрагменты с образованием липких концов, а ДНК-лигаза скрепит их в одну молекулу.

5.21. Нет, поскольку во фрагменте отсутствует сайт для EcoR I.

5.22. **а**.

5.23. Второй.

5.24. Оба. Первый при помощи рестриктазы EcoR I, второй при помощи рестриктазы Hind III.

5.25. При помощи фермента Bam I. Бактерии трансформированные такой плазмидой не будут расти на средах содержащих тетрациклин.

5.26. Так как трансформированные бактерии не растут на среде содержащей тетрациклин, то можно предположить что в плазмидной ДНК вставкой поврежден ген устойчивости к этому антибиотику. Следовательно, из плазмиды нужный нам фрагмент можно «вырезать» при помощи рестриктазы Bam I.

Учебно-методическое пособие

Песецкая Людмила Николаевна
Гончаренко Григорий Григорьевич
Острейко Николай Николаевич

Сборник задач по генетике



Отпечатано с оригинала-макета авторов

Подписано в печать 17.04 2002 г. Формат 60×90 1/16. Бумага мелованная. Гарнитура Таймс.
Офсетная печать. Усл. печ. л. 7,75. Уч.-изд. л. 6,6.
Тираж 200 экз. Заказ № 5318

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины .
246699, Гомель, ул. Советская 104.
Лицензия ЛП № 236 от 04.03.98.